



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Kaisa Ridanpää

Lohkoketjuteknologia kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 25.2.2018

Valvoja: Professori Kauko Viitanen

Ohjaajat: Apulaisprofessori Kirsikka Riekkinen ja
DI, VTM Pauliina Krigsholm

Tekijä Kaisa Ridanpää

Työn nimi Lohkoketjuteknologia kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa

Koulutusohjelma Master's Programme in Real Estate Economics

Pää-/sivuaine Real Estate Economics**Koodi** ENG24

Työn valvoja Professori Kauko Viitanen

Työn ohjaaja(t) Apulaisprofessori Kirsikka Riekkinen ja DI, VTM Pauliina Krigsholm

Päivämäärä 25.2.2018**Sivumäärä** 75+2**Kieli** suomi

Tiivistelmä

Monissa maissa on suunniteltu viime vuosien aikana kiinteistöjärjestelmien kehittämistä, jotta ne vastaisivat paremmin yhteiskunnan nykyisiä ja tulevia tarpeita. Kiinteistöjärjestelmien kehittämisen suunnittelussa voidaan hyödyntää teknologian kehitystä ja näin ollen pyrkiä hyödyntämään uusia teknologioita parhaalla mahdollisella tavalla. Eräs mahdollinen kiinteistöjärjestelmissä hyödynnettävä uusi teknologia on lohkoketjuteknologia, joka tarjoaa mahdollisuuden hajautetulle ja läpinäkyvälle tietokannalle nykyisten keskitettyjen järjestelmien sijaan.

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää lohkoketjuteknologian hyödyntämisen mahdollisuuksia kiinteistöjärjestelmän rekisterien näkökulmasta. Työssä käytettiin tutkimusmenetelminä kirjallisuuskatsausta ja haastattelututkimusta. Kirjallisuuskatsauksen avulla selvitettiin lohkoketjuteknologian toimintaa, ominaisuuksia, hyötyjä, haasteita sekä muita lohkoketjujen hyödyntämiseen liittyviä asioita. Lisäksi käsiteltiin lohkoketjuteknologian soveltuvuutta rekisterinpitoon sekä kansainvälisiä, kiinteistöjärjestelmään ja maanhallintaan liittyviä sovellusesimerkkejä. Haastattelututkimuksen tarkoitus oli selvittää vastauksia kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittuihin kysymyksiin ja löytää uusia huomioitavia asioita lohkoketjuteknologian mahdolliseen hyödyntämiseen liittyen.

Tutkimuksessa todettiin lohkoketjuteknologian tarjoavan mahdollisuuden hajautetun, läpinäkyvän ja luotettavan tietokannan luomiseen. Teknologian avulla voidaan varmistaa myös tallennetun tiedon eheys ja alkuperäisyys, sillä tietoja ei voi muokata tai poistaa jälkikäteen verkon muiden toimijoiden huomaamatta. Lohkoketjuteknologiaan liittyvät haasteet jaettiin teknisiin, sosiaalisiin sekä juridisiin haasteisiin. Tutkimuksessa löydettiin useita kansainvälisiä kiinteistöjärjestelmään liittyviä lohkoketjuhankkeita, joissa suunnitellaan esimerkiksi kiinteistökaupan prosessin nopeuttamista, omistusoikeuksien rekisteröintiä tai rekisterien yhtenäistämistä lohkoketjujen avulla. Suurin osa hankkeista oli diplomityön tekemisen aikana vielä uutistasolla, eikä tarkempia tutkimustuloksia ollut saatavilla. Tutkimuksen mukaan lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä tulee huomioida esimerkiksi teknologian soveltuvuus pohdittuun käyttötarkoitukseen, tunnistaa lohkoketjun ylläpitoon tarvittavat toimijat, selvittää kustannukset sekä huomioida tietosuojan, turvallisuuden ja lainsäädäntöön liittyvät kysymykset. Teknologian hyödyntämistä pohtiessa tärkeää onkin asiaan perehtyminen ja ymmärtäminen, lohkoketjuteknologian kehityksen seuraaminen sekä teknologiaan liittyvien kokeilujen toteuttaminen.

Avainsanat Lohkoketju, teknologia, kiinteistöjärjestelmä, rekisterit

Author Kaisa Ridanpää		
Title of thesis Blockchain technology in cadastral system's registers		
Degree programme Master's Programme in Real Estate Economics		
Major/minor Real Estate Economics		Code ENG24
Thesis supervisor Professor Kauko Viitanen		
Thesis advisor(s) Assistant Professor Kirsikka Riekkinen and M.Sc. Pauliina Krigsholm		
Date 25.2.2018	Number of pages 75+2	Language Finnish

Abstract

Many countries have been planning to improve their cadastral systems so that the systems meet better the current and future needs of society. Design of cadastral systems can benefit from improvements in technology and therefore it is important to make the most of new technologies. Blockchain technology is one possible technology which can be utilized in cadastral systems. Blockchain offers a possibility to make a decentralized and transparent database instead of centralized structure of current systems.

The aim of this master's thesis is to examine the possibilities of blockchain technology and its utilization in the cadastral system's registers. The research methods used in this study are literature review and interviews. The literature review figured out the operation and features of blockchain technology as well as its benefits, challenges and other issues related to the use of the technology. Additionally, blockchain's suitability to registers and international use cases related to cadastral systems and land administration were discussed. The purpose of interviews was to find out answers to the questions based on the review and also new issues concerning possible use of blockchain technology were examined.

This study reveals that blockchain technology offers a possibility to make a decentralized, transparent and reliable database. The technology can ensure the integrity and originality of stored data because the data can't be modified or removed without the notice of other actors in the network. The challenges of blockchain were divided into technical, social and juridical challenges. This study found out several international projects and plans related to the use of blockchain technology in cadastral systems and land administration. For example, the technology was utilized to registration of property rights, enhancing real estate transaction process and unifying registers. Most of the projects were reported only in newspapers and more accurate studies or results were not available. According to this study, for example the suitability of blockchain, necessary actors, costs as well as issues concerning data protection, security and legislation should be considered while defining the potential use case of blockchain technology. Additionally, it is important to become familiar and understand blockchain technology, follow its improvements and implement test cases related to the use of technology.

Keywords Blockchain, technology, cadastral system, registers

Alkusanat

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää lohkoketjuteknologian soveltuvuutta kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan. Diplomityö on tehty Maanmittauslaitoksen rahoittamaan KatLohko-projektiin, joka on Katasteri 2035 -tutkimushankkeen rinnalla toteutettava projekti. Haluankin kiittää työni rahoittajia mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta sekä mahdollisuudesta toteuttaa tämä tutkimus.

Haluan kiittää erityisesti työni ohjaajia Kirsikka Riekkistä ja Pauliina Krigsholmia saamastani avusta ja ohjauksesta työni tekemisen aikana. Työni valvomisesta kiitos kuuluu professori Kauko Viitaselle, jolta saatu rakentava palaute auttoi työn hiomisessa ja saattamisessa loppuun. Haluan osoittaa kiitokseni myös kaikille työtä varten haastattelemilleni asiantuntijoille, joiden haastatteluilla oli suuri merkitys tutkimukseni onnistumisen kannalta.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni tuesta sekä ystäviäni kannustuksesta liittyen tämän työn tekemiseen. Läheisiltä saamani tuki, kannustus ja kärsivällisyys onkin ollut korvaamatonta niin opinnoissani kuin muillakin elämäni osa-alueilla.

Espoossa 25.2.2018

Kaisa Ridanpää

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	3
1.3	Tutkimusmenetelmät ja aineistot	4
1.4	Tutkimuksen rajaus ja rakenne	6
2	Lohkoketjuteknologia	8
2.1	Teknologioiden hype	8
2.2	Lohkoketjuteknologian synty ja Bitcoin	10
2.3	Lohkoketjun määritelmä, tekninen kuvaus ja ominaisuudet	11
2.4	Lohkoketjuteknologian peruskomponentit	13
2.4.1	Hajautettu vertaisverkko	13
2.4.2	Konsensusmekanismi	14
2.4.3	Julkisen avaimen salaus ja älykkäät sopimukset	16
2.5	Lohkoketjujen tyypit	17
2.6	Lohkoketjuihin liittyvät toimijat	18
2.7	Lohkoketjujen haasteet	19
2.7.1	Turvallisuus, yksityisyys ja skaalautuvuus	19
2.7.2	Tietojen oikeellisuus ja luotettavuus	20
2.7.3	Haasteet arvoissa, asenteissa ja osaamisessa	21
2.8	Lainsäädäntöön liittyvät asiat	22
2.8.1	EU:n yleinen tietosuoja-asetus	22
2.8.2	Standardisointi	23
3	Suomen kiinteistöjärjestelmä	24
3.1	Kiinteistön määritelmä	24
3.2	Kiinteistöjärjestelmä	24
3.3	Julkinen luotettavuus	26
3.4	Kiinteistötietojärjestelmä	26
4	Lohkoketjuteknologian sovelluksia	28
4.1	Sovellusmahdollisuuksien eri tyypit	28
4.2	Lohkoketjujen hyödyntämisessä huomioitavia asioita	30
4.3	Kiinteistöjärjestelmän rekisterit ja maanhallinta	30
4.3.1	Nykyisten järjestelmien ongelmat kehittyvissä maissa	31
4.3.2	Lohkoketjuteknologian mahdollisesti tuomat muutokset	31
4.3.3	Rekisterinpitoon liittyvät haasteet	32
4.3.4	Rekisterinpidossa huomioitavat asiat	33
4.4	Ruotsi	34
4.4.1	Nykyinen prosessi ja sen ongelmat	34
4.4.2	Ratkaisun toteutus	35
4.4.3	Hyödyt, haasteet ja projektin seuraavat vaiheet	37
4.5	Muita suunnitteilla olevia lohkaketjuhankkeita	39
5	Haastattelujen tulokset	43
5.1	Lohkoketjuteknologian tarjoamat uudet ominaisuudet	43
5.2	Hyödyt	44
5.3	Haasteet	44
5.3.1	Yleiset haasteet	45
5.3.2	Skaalautuvuus	46
5.3.3	Tietosuoja, yksityisyys ja tietoturva	46

5.3.4	Sosiaaliset haasteet.....	47
5.4	Tekniset asiat	48
5.4.1	Lohkoketjujen tyypit	48
5.4.2	Konsensusmekanismit	49
5.4.3	Toimijat	50
5.5	Käyttöönotto	50
5.6	Mahdolliset sovelluskohteet ja rekisterinpito	52
5.7	Lainsäädäntö	53
5.8	Nykytila ja tulevaisuus	54
5.9	Muita huomioitavia asioita	55
6	Johtopäätökset	56
6.1	Tutkimuksen keskeiset tulokset ja johtopäätökset	56
6.2	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi ja jatkotutkimusaiheet	64
7	Yhteenveto	66
	Lähteet	68
	Haastattelut	75
	Liitteet.....	76
	Liite 1: Haastatteluiden kysymysrunko	76

Käsitteet

Katasterijärjestelmä

Katasterijärjestelmä on osa kiinteistöjärjestelmää, ja se kuvaa vallitsevaa kiinteistöjaotusta sekä olemassa olevia oikeuksia. Katasterijärjestelmä koostuu katasterista ja kiinteistökirjasta. Katasteri sisältää yksilöidyt tiedot maa- ja vesialueista sekä niiden ulottuvuudesta ja sijainnista, ja katasterin osana oleva katasterikartta kuvaa rekisteriyksiköiden rajat ja sijainnin. Kiinteistökirja puolestaan perustuu kiinteistöjaotuksen osalta katasteriin, ja kiinteistökirjaan merkitään kiinteistöihin kohdistuvia oikeuksia. (Vitikainen 2013, s. 20.)

Kiinteistöjärjestelmä

Kiinteistöjärjestelmällä tarkoitetaan maankäytön sopeuttamista järjestyneisiin omistussuhteisiin. Järjestelmän keskeisiä osia ovat kirjaamislaitos ja erilaiset kiinteistöluettelot, sekä kiinteistötoimitukset ja rekisteröintitoimenpiteet liittyen kiinteistöjen ja muiden käyttöyksiköiden muodostamiseen. (Vitikainen 2013, s. 20.)

Konsensusmekanismi

Lohkoketjuteknologiassa uusi lohko liitetään ketjuun konsensusmekanismin avulla. Mekanismiin avulla luodaan luottamus ja yhteisymmärrys lohkoketjun toimijoiden välille, sillä toimijat voivat olla toisilleen tuntemattomia tahoja. Konsensusmekanismeja on useita erilaisia, ja niistä tunnetuimmat ovat Proof of Work ja Proof of Stake -mekanismit. (Honkanen 2017, s. 8.)

Lohkoketjuteknologia

Lohkoketjuteknologia tarjoaa mahdollisuuden hajautetulle ja läpinäkyvälle tietokannalle nykyisten keskitettyjen järjestelmien sijaan. Tätä tietokantaa voivat ylläpitää toisilleen tuntemattomat tahot, sillä luottamus varmistetaan matemaattisesti. Yhteen lohkoon tallennetaan kaikki tapahtumat tietyllä ajanjaksolla, ja lohkot liitetään toisiinsa matemaattisesti lasketun tiivisteen avulla. Hajautetun rakenteen ja erilaisten varmennusmenetelmien vuoksi lohkoketjun lohkoihin kirjattuja tietoja ei voi muuttaa jälkikäteen ilman, että siitä jää jälki. (Storås 2015.)

Louhiminen

Tiettyihin konsensusmekanismeihin kuuluvassa louhimisprosessissa verkon käyttäjät tarjoavat tietokoneidensa laskentatehoa lohkoketjun tietojen varmentamiseen ja tallentamiseen. Tällöin tietokoneet yrittävät ratkaista matemaattisia ongelmia louhimalla, jotta haluttu data saadaan lisättyä lohkoon. (Lin & Liao 2017, s. 654.) Louhimisen avulla lohkoketjua myös ylläpidetään ja sitä suojataan vilpillisiltä tapahtumilta. Louhiminen vie kuitenkin paljon laskentatehoa, ja sen vuoksi louhimista hyödyntävät konsensusmekanismit ovat kalliita ja energiaa kuluttavia prosesseja. (Anand et al. 2015, s. 5.)

Solmu

Solmuilla tarkoitetaan lohkoketjun ylläpitäjien verkkoasemia, joihin lohkot ja niiden sisältämät tiedot tapahtumista tallennetaan. Tiedot ovat kaikkien lohkoketjun ylläpitoon osallistuvien solmujen saatavilla. (Yli-Huumo et al. 2016, s. 3.) Jokaisella lohkoketjua ylläpitävällä solmulla onkin kopio tai osittainen kopio lohkoketjusta ja kaikista siihen tallennetuista tapahtumista (Anand et al. 2015, s. 2).

Suomen kiinteistöjärjestelmä

Suomessa puhutaan yleensä katasterijärjestelmän sijaan kiinteistöjärjestelmästä, vaikka sillä tarkoitetaan katasterin ja kiinteistökirjan muodostamaa kokonaisuutta. Suomessa katasteria vastaa kiinteistörekisteri, katasterikarttaa kiinteistörekisterikartta ja kiinteistökirjaa lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri. Kiinteistöjärjestelmään katsotaan kuuluvan myös järjestelmän ylläpito eli sellaiset oikeustoimet, kiinteistötoimitukset ja muut viranomaispäätökset, joiden perusteella tehdään muutoksia kiinteistöjärjestelmään. (Vitikainen 2013, s. 20–22.)

Tiiviste

Lohkoketjussa jokainen uusi lohko linkitetään edelliseen lohkoon datasta matemaattisesti lasketun, sekalaisen merkkijonon eli tiivisteen avulla. Uusi lohko sisältää edellisen lohkon datasta lasketun tiivisteen. Tietty data tuottaa aina täsmälleen samanlaisen tiivisteen, joten sen avulla voidaan varmistaa, että lohkon data on kaikilla käyttäjillä sama. Tiivistettä kutsutaan myös digitaaliseksi sormenjäljeksi, sillä se sisältää aikaleiman tehdyistä tapahtumista. Näin ollen jokaisen tapahtuman ajankohta voidaan jäljittää lohkoketjusta. (Anand et al. 2015, s. 4; Storås 2015; Mattila & Seppälä 2017b.)

Älykäs sopimus

Älykäs sopimus on lohkoketjuteknologiaa hyödyntävä ratkaisu, jonka avulla voidaan luoda sopimuksia kahden tai useamman osapuolen välille hajautetussa ympäristössä (Yli-Huumo et al. 2016, s. 18). Älykkäät sopimukset ovat yksinkertaisimmillaan koodimuotoon kirjattuja ohjelmia, joita luetaan koneellisesti ja jotka panevat itsensä täytäntöön automaattisesti, kun tietyt ennalta määritetyt sopimusehdot toteutuvat. Älykkäät sopimukset eivät tarvitse tekoälyä toimiakseen. (Lauslahti et al. 2016, s. 3–4.)

1 Johdanto

Johdannossa käydään ensin läpi tutkimuksen tausta, jossa pohjustetaan tämän diplomityön aihetta. Sen jälkeen esitellään tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset. Lisäksi käsitellään tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksessa käytetyt aineistot, ja lopuksi esitellään tutkimuksen raja- ja rakenne.

1.1 Tutkimuksen tausta

Kiinteistöjen vaihdantaan ja alueiden asianmukaiseen käyttöön tarvitaan julkinen kiinteistöjärjestelmä, joka on selkeä sekä rajoiltaan että oikeussuhteiltaan. Kiinteistöjärjestelmän käsitteellä tarkoitetaan maankäytön sopeuttamista järjestyneisiin omistussuhteisiin, ja järjestelmän keskeisiä osia ovat kirjaamislaitos ja erilaiset kiinteistöluettelot, sekä kiinteistötoimitukset ja rekisteröintitoimenpiteet liittyen kiinteistöjen ja muiden käyttöyksiköiden muodostamiseen. (Vitikainen 2013, s. 20.) Katasterijärjestelmä puolestaan on osa kiinteistöjärjestelmää, ja se kuvaa vallitsevaa kiinteistöjaotusta sekä olemassa olevia oikeuksia. Katasterijärjestelmä koostuu katasterista ja kiinteistökirjasta. Katasteri sisältää yksilöidyt tiedot maa- ja vesialueista sekä niiden ulottuvuudesta ja sijainnista, ja katasterin osana oleva katasterikartta kuvaa rekisteriyrksiköiden rajat ja sijainnin. Kiinteistökirja puolestaan perustuu kiinteistöjaotuksen osalta katasteriin, ja kiinteistökirjaan merkitään kiinteistöihin kohdistuvia oikeuksia. Yleensä katasteri ja kiinteistökirja täydentävät toisiaan ja näin ollen muodostavat yhtenäisen tietojärjestelmän. Katasteri luo yhteyden oikeuksien ja kiinteistöjen välille, kun taas kiinteistökirjasta selviää oikeuksien ja henkilöiden välinen yhteys. Suomessa puhutaan yleensä katasterijärjestelmän sijaan kiinteistöjärjestelmästä, vaikka sillä tarkoitetaan katasterin ja kiinteistökirjan muodostamaa kokonaisuutta. Suomessa katasteria vastaa kiinteistörekisteri, katasterikarttaa kiinteistörekisterikartta ja kiinteistökirjaa lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri. (Vitikainen 2013, s. 20–21; Rummukainen 2010, s. 35–36; Hyvönen 1998, s. 1–2.)

Kiinteistöjärjestelmän tehtävät ovat muuttuneet ajan kuluessa, ja niiden kehitys on tapahtunut eri maissa eri tahtia. Ennen ihmiset kokivat maan vain vaurauden lähteenä, ja sen jälkeen maa alettiin nähdä myös vaihtokelpoisena hyödykkeenä. Myöhemmin ymmärrettiin näiden ominaisuuksien lisäksi myös maan niukkuus, maahan liittyvän suunnittelun tarve sekä kestävän kehityksen näkökulmat. Näin ollen kiinteistöjärjestelmä on kehittynyt ihmisen ja maan suhteen muuttuessa. Järjestelmän käyttö on laajentunut 1980-luvulta lähtien uusille käyttöaloille, ja huomiota on kiinnitetty enemmän esimerkiksi kestävään kehitykseen sekä sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen. Nykyään voidaan puhua monikäyttöisestä kiinteistöjärjestelmästä, jossa kiinteistöjärjestelmän katsotaan vaikuttavan maanomistukseen, maankäyttöön sekä maan arvoon. Maanomistuksen osalta pyritään esimerkiksi turvaamaan maahan kohdistuvat omistusoikeudet sekä investoinnit, maankäytön osalta huomioidaan muun muassa maankäytön kehittäminen ja ympäristön kestävä kehitys, ja maan arvoon liittyvät esimerkiksi verotus ja valtiontalouden tavoitteet. (Vitikainen 2013, s. 25–26; Rummukainen 2010, s. 19.)

Viime vuosien aikana monet maat ovat suunnitelleet kiinteistöjärjestelmiensä kehittämistä, jotta ne vastaisivat paremmin yhteiskunnan nykyisiä ja tulevia tarpeita (Krigsholm et al. 2017, s. 133). Olemassa olevien tai uusien kiinteistöjärjestelmien kehittämisen suunnittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi teknologian kehitystä. Nykyaikaisten kiinteistöjärjestelmien tuleekin hyödyntää uusia teknologioita parhaalla mahdollisella tavalla. Teknologioiden käyttöön liittyvien oikeiden valintojen ja päätösten tekeminen on kuitenkin erityisen tärkeää, sillä niiden vaikutukset voivat olla hyvin laajoja. (Williamson et al. 2010, s. 225.)

Kansainvälisesti tarkasteltuna kiinteistöjärjestelmien ylläpitoon osallistuvat tahot sekä hallinnolliset virastot turvautuvat vankasti teknologiaan. Tietoteknisten ratkaisujen kehittymisen myötä monien kiinteistöjärjestelmien hallintaan liittyvien organisaatioiden tavoitteeksi on tullut informaation ja jopa palvelujen jakaminen internetin välityksellä. Kyseisistä kokemuksista saatu kokemus on auttanut uusien käytäntöjen määrittelyssä sekä olemassa olevien palvelujen tehostamisessa. Teknologian kehittyessä monessa maassa onkin siirrytty käyttämään sähköistä kiinteistöjärjestelmää, joka yleisesti ottaen tarkoittaa tietoteknisten resursien hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän toimintojen ja palvelujen jakamisessa. Kun digitaalisia teknologioita alettiin ottaa käyttöön maanhallintaan liittyvissä toiminnoissa, eri tahot kehittivät aluksi omia tietojärjestelmiään esimerkiksi rekisterinpitoon, taloushallintoon tai sisäisiin toimintoihinsa liittyen. Näin ollen oli yleistä kehittää itsenäisiä järjestelmiä, jotka eivät olleet yhteyksissä muihin järjestelmiin. Alun jälkeen sähköisten kiinteistöjärjestelmien tarkoituksena on ollut sen sijaan enemmän eri tahojen, kuten virastojen sekä julkisten ja yksityisten toimijoiden, välinen yhteistyö. (Williamson et al. 2010, s. 238 & 246.)

Eräs mahdollinen kiinteistöjärjestelmissä hyödynnettävä uusi teknologia on lohkoketjuteknologia (engl. blockchain). Kyseessä on menetelmä, joka tarjoaa mahdollisuuden hajaautetulle ja läpinäkyvälle tietokannalle nykyisten keskitettyjen järjestelmien sijaan. Hajautetun rakenteen ja erilaisten varmennusmenetelmien vuoksi lohkoketjun lohkoihin kirjattuja tietoja ei voi muuttaa jälkikäteen ilman, että siitä jää jälki. (Storås 2015.) Lohkoketjuteknologia tarjoaakin uudenlaisen tavan eri tahojen väliseen kommunikointiin, joten sen mahdollinen hyödyntäminen kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa on tutkimusaiheena ajankohtainen.

Lohkoketjuteknologian avulla voidaan myös tarjota luottamusta matemaattisesti, jolloin toisilleen tuntemattomatkin tahot voivat ylläpitää tietokantoja hajaautetusti. Tällöin kaikilla halukkailla osapuolilla on kopio tietokannasta tai sen osasta, ja he voivat tehdä muutoksia tietokantaan yhdessä hyväksytyjen sääntöjen mukaisesti. Tehdyt muutokset kootaan tietyin väliajoin lohkoihin, jotka tallennetaan tietokantaan. (Mattila & Seppälä 2015, s. 7.) Yhtä lohkoa voisikin verrata kirjanpidon tilikirjaan, joka sisältää kaikki tapahtumat tietyltä ajankaksolta. Valmis tilikirja liitetään edellisiin tilikirjoihin eli lohkoihin, ja näin muodostuu ajantasaisen tiedon ja muutokset sisältävä lohkoketju. Lohkoketjua voidaan myös ajatella palapelinä, jossa lohkot ovat palapelin paloja. Edellinen lohko sopii vain seuraavaan lohkokoon, aivan kuten palapelissä. (Storås 2015.)

Lohkoketjuteknologia on herättänyt viime vuosien aikana paljon keskustelua ja mielenkiintoa, ja sen on jopa sanottu mullistavan maailmaa internetin tavoin. Teknologian ensimmäinen sovelluskohde on ollut kryptovaluutta Bitcoin, joten lohkoketjuja pyritään tutkimaan ja soveltamaan varsinkin pankki- ja finanssialalla. Uusi teknologia kiinnostaa myös monia keskenään hyvinkin erilaisia tahoja, ja teknologialle etsitään jatkuvasti uusia sovelluskohteita. Esimerkiksi Virossa on tavoitteena soveltaa teknologiaa terveydenhuollossa terveystietojen varmentamisessa, Ruotsissa pohditaan teknologian käyttöä kiinteistökaupassa ja Georgiassa pyritään hyödyntämään lohkoketjuja kiinteistörekisterijärjestelmän yhteydessä (Honkanen 2017, s. 30–32). Erilaiset kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvät lohkoketjuhankkeet ovatkin olleet tutkimuskohteina useissa maissa, ja lohkoketjuilla nähdään olevan potentiaalia esimerkiksi juuri viranomaisen toiminnan kehittämisessä. Lohkoketjuteknologiaa pyritään soveltamaan moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin, mutta takeita sen toiminnasta on vasta muutamasta käyttökohteesta. Tällä hetkellä onkin tärkeä selvittää, mihin kaikkiin käyttötarkoituksiin teknologia soveltuu ja missä se tuottaa lisäarvoa. Aiheesta tehtävien tutkimusten ja pilottihankkeiden avulla muutaman vuoden päästä tiedetään varmasti paremmin, onko

lohkoketjuteknologia niin mullistava kuin väitetään, vai jääkö sen soveltaminen vain tiettyihin käyttötarkoituksiin. (Kotilainen 2017a.)

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää lohkoketjuteknologian soveltuvuutta kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan. Riekkinen et al. (2016) ovat tutkineet tulevaisuuden teemoja ja kehitysnäkymiä liittyen Suomen kiinteistöjärjestelmän toimintaympäristöön. Teemoiksi tunnistettiin esimerkiksi teknologian kehitys, digitalisaatio sekä yhteiskunnan vaatima läpinäkyvyys. Teknologian kehitys vaikuttaa kiinteistöjärjestelmään esimerkiksi erilaisten innovaatioiden ja virtuaaliympäristöjen kautta. Digitalisaatio puolestaan toimii monen ilmiön, kuten sähköisten palveluiden kehityksen, erilaisten rekisterien integraation sekä älykkäiden laitteiden käytön taustalla. Yhteiskunnan vaatima läpinäkyvyys sen sijaan heijastuu kiinteistöjärjestelmään esimerkiksi viranomaisten ja kansalaisten välisen avoimen kommunikaation tarpeena. Lisäksi Krigsholm et al. (2017) ovat tutkineet olennaisten megatrendien vaikutusta Suomen kiinteistöjärjestelmän tulevaisuuteen. Tärkeiksi megatrendeiksi tunnistettiin esimerkiksi digitaalinen kulttuuri sekä taipumus kohti läpinäkyvyyttä ja avointa dataa. Aiemmissa tutkimuksissa tunnistettujen tulevaisuuden teemojen sekä megatrendien perusteella lohkoketjuteknologian soveltuvuutta onkin aiheellista tutkia, sillä se voi tarjota esimerkiksi uudenlaista läpinäkyvyyttä ja avoimuutta kiinteistöjärjestelmän rekistereiden hallintaan niin Suomessa kuin muissakin maissa.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Lohkoketjujen soveltamisesta Suomen kiinteistöjärjestelmän rekistereihin ei ole tehty aiempaa tieteellistä tutkimusta, ja myös kansainvälinen tutkimuskirjallisuus on rajallista. Tämän diplomityön tarkoituksena on olla ensimmäinen aiheeseen liittyvä tutkimus, jonka tuloksia voidaan hyödyntää jatkotutkimusaiheiden määrittelyssä. Työssä käsitellään kiinteistöjärjestelmän rekistereitä pääosin yleisellä tasolla, mutta pohdintaa viedään jonkin verran myös Suomen kiinteistöjärjestelmän rekisterien suuntaan. Työn tavoitteena on selvittää lohkoketjuteknologian soveltuvuutta kiinteistöjärjestelmän rekisterien ylläpitoon esimerkiksi aihetta käsittelevän kirjallisuuden sekä kansainvälisten tutkimusten ja raporttien avulla. Näiden lisäksi tutkimuksessa toteutetaan asiantuntijoiden haastatteluja, joiden avulla pyritään saamaan vastauksia kirjallisuuskatsauksen perusteella laadittuihin kysymyksiin ja löytämään uusia huomioitavia asioita lohkoketjuteknologian mahdolliseen hyödyntämiseen liittyen.

Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen avulla selvitetään lohkoketjuteknologian perusominaisuuksien ja kiinteistöjärjestelmään liittyvien kansainvälisten sovelluskohteiden lisäksi sellaisia asioita, joita tulee selvittää, mikäli aletaan suunnitella lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekistereissä.

Työn tavoitteesta johdetut tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mikä on lohkoketjuteknologia, ja onko sitä jo hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa?
2. Mitä asioita tulee ratkaista ja ottaa huomioon, mikäli suunnitellaan lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa?

1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineistot

Tässä diplomityössä käytetään tutkimusmenetelminä kirjallisuuskatsausta sekä asiantuntijoiden haastatteluita. Näiden lisäksi työn tekijä on osallistunut lohkoketjuteknologian asiantuntijoiden pitämään, yhden päivän mittaiseen lohkoketjukoulutukseen. Kirjallisuuskatsauksen aineistona käytetään lohkoketjuteknologiasta ja kiinteistöjärjestelmästä julkaistuja artikkeleita, kirjoja, tutkimuksia ja muita julkaisuja. Lohkoketjuteknologian kansainvälisiä kiinteistöjärjestelmään liittyviä sovelluskohteita etsiessä on hyödynnetty myös aiheesta julkaistuja uutisia, sillä sovelluskohteista ei löydy vielä paljoakaan tieteellistä tutkimusta. Lohkoketjuteknologian osalta pyritäänkin käyttämään mahdollisimman tuoreita julkaisuja, jotta hyödynnettävä tieto on mahdollisimman ajantasaista. Haastattelujen aineistona käytetään kirjallisuuskatsauksen perusteella laadittuja kysymyksiä haastateltaville, ja haastattelujen tulosten analyysissä aineistona käytetään haastattelujen aikana tehtyjä muistiinpanoja ja nauhoituksia.

Kirjallisuuskatsaus

Tutkimusmenetelmänä kirjallisuuskatsaus on niin sanotusti tutkimusta tutkimuksesta, eli sen avulla kootaan aiempien tutkimusten tuloksia, jotka puolestaan ovat perustana uusille tutkimustuloksille. Kirjallisuuskatsaus on myös täsmällinen, systemaattinen sekä toistettavissa oleva menetelmä, jonka avulla tunnistetaan, arvioidaan ja tiivistetään esimerkiksi tutkijoiden ja muiden asiantuntijoiden julkaisemaa tutkimusaineistoa. Myös esimerkiksi tieteellisiä lehtiä, julkisyhteisöjen selvityksiä, kansainvälisten organisaatioiden raportteja sekä erilaisten asiantuntijaorganisaatioiden tutkimuksia ja selvityksiä voidaan käyttää kirjallisuuskatsauksen lähdemateriaalina. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on esimerkiksi rakentaa kokonaiskuvaa tietystä asiakokonaisuudesta sekä pyrkiä tunnistamaan ongelmia. Kirjallisuuskatsaus voi myös kehittää ja arvioida olemassa olevaa teoriaa sekä rakentaa uutta teoriaa. Lisäksi kirjallisuuskatsauksen avulla on mahdollista kuvata teorian historiallista kehitystä. (Salmi-nen 2011, s. 3–5 & 31.)

Tämän diplomityön kirjallisuuskatsauksessa kartoitetaan lohkoketjuteknologian ja sen sovelluskohteiden nykytilaa sekä tarkastellaan kansainvälisiä sovelluskohteita, joissa teknologiaa on hyödynnetty tai suunniteltu hyödynnettävän kiinteistöjärjestelmän kannalta mielenkiintoisiin kohteisiin. Katsauksessa selvitetään myös esimerkiksi lohkoketjuteknologian syntyä, sen teknistä toimintaa, ominaisuuksia sekä haasteita. Lisäksi käsitellään Suomen kiinteistöjärjestelmän ja sen rekistereiden nykytilaa. Kirjallisuuskatsauksen perusteella heränneisiin kysymyksiin selvitetään lisätietoja asiantuntijoiden haastatteluiden avulla.

Kirjallisuuskatsauksen lähdeaineistoa on etsitty erilaisista hakupalveluista, kuten Google Scholar, Scopus sekä Finna. Kaikista tutkimuksen kannalta kiinnostavista aiheista ei löytynyt tieteellisiä julkaisuja, joten erilaisia raportteja ja selvityksiä etsittiin myös Google-hakukoneen avulla. Jokaisen lähdemateriaalin kohdalla on arvioitu sen luotettavuus ja sopivuus tämän diplomityön aineistoksi. Kirjallisuuden etsimisessä on käytetty hakusanoina esimerkiksi sanoja *lohkoketju*, *lohkoketjuteknologia* sekä *blockchain*, ja näitä on yhdistetty apuhakusanoihin kuten *sovellukset*, *haasteet*, *tietosuoja*, *challenges*, *use cases*, *smart contracts* ja *land registry*. Eniten tutkimuksen kannalta vartenotettavaa lähdekirjallisuutta löytyi Google Scholar -hakupalvelusta. Kyseisen palvelun kautta voi hakea kerralla laajasti monista eri tieteellisen kirjallisuuden tietokannoista, ja aineistoa löytyy eri tieteenaloilta ja lähteistä (Hirsjärvi et al. 2007, s. 94–95). Palvelusta löytyy esimerkiksi akateemisten julkaisijoiden tuottamia tutkielmia, artikkeleita sekä kirjoja. Haun tuloksena löytyvistä aineistoista näkee myös viittausten määrän ja löytää helposti muita aiheeseen liittyviä artikkeleita.

Haastattelut

Tutkimusmenetelmänä haastattelun tarkoituksena on harkittu keskustelu ja kyseleminen, joiden tuloksena pyritään saaman vastauksia asioihin, joita halutaan haastattelun avulla selvittää. Haastattelija on laatinut etukäteen listan tutkimuksen aiheeseen liittyvistä kysymyksistä, joita haastateltavalle esitetään haastattelussa. Haastateltava on äänessä suurimman osan ajasta, joten haastattelutilanne voidaan nähdä epäluonnollisena keskusteluna. Lisäksi saatuihin vastauksiin vaikuttavat esimerkiksi kysymysten sisältö, haastatteluympäristö sekä osapuolten mielialat. Tärkeää onkin muotoilla kysymykset hyvin ja pyrkiä välttämään esimerkiksi liian johdattelevia kysymyksiä. Myös muita väärinymmärryksiä ja vastauksia vääristäviä tekijöitä on pyrittävä välttämään. Vastausten tulkinnassa on kuitenkin tärkeä tiedostaa, millaisia mahdollisia vääristymiä tai epäluotettavuuksia vastauksiin on kaikesta huolimatta voinut jäädä. (Hyysalo 2009, s. 125–126.)

Tutkimusmenetelmänä haastattelut voidaan jakaa neljään eri päätyyppiin, joita ovat kysely, strukturoitu haastattelu, puolistrukturoitu haastattelu sekä avoin haastattelu. Kyselyllä tarkoitetaan kirjoitettuun muotoon, esimerkiksi lomakkeeksi tehtyä haastattelua, ja sitä käytetään yleensä, kun halutaan kerätä tietoa suurelta joukolta ihmisiä. Strukturoitu haastattelu puolestaan on samankaltainen kuin kysely, mutta muutettuna haastatteluksi. Näin ollen haastattelu tehdään laaditun lomakkeen avulla, ja haastateltava vastaa valmiisiin kysymyksiin valmiiden vastausvaihtoehtojen avulla. Strukturoitua haastattelua käytetään esimerkiksi vapaamuotoisemman haastattelun alussa, kun kartoitetaan haastateltavan taustatietoja. (Hyysalo 2009, s. 75 & 131.) Puolistrukturoidussa haastattelussa on ominaista se, että jokin haastattelun ominaisuus on päätetty etukäteen. Jokaiselle haastateltavalle voidaan esimerkiksi esittää lähes samanlaiset kysymykset, mutta kysymysten muotoa ja järjestystä vaihdellaan. Näin ollen haastattelun sisältö ja teema on sovittu etukäteen, mutta haastattelussa voidaan toimia vapaammin kuin strukturoidussa haastattelussa. (Hirsjärvi & Hurme 2000, s. 47.) Avoin haastattelu puolestaan tarkoittaa sitä, että haastattelutilanteessa haastattelija selvittää haastateltavan ajatuksia, mielipiteitä ja käsityksiä tilanteen mukaan ilman ennalta sovittua kaavaa tai kysymyksiä. Kaikista haastattelun muodoista avoin haastattelu muistuttaa eniten keskustelua. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 204.)

Haastattelut koostuvat yleensä tietyistä vaiheista, riippumatta haastattelun tyypistä. Ensin aloitetaan esittelystä, jossa osapuolten esittelyjen lisäksi kerrotaan, miksi haastateltavaa haastatellaan ja mihin saatavaa aineistoa käytetään. Seuraavaksi esitetään muutama helposti vastattava lämmittelykysymys, joilla johdatellaan haastateltavaa aiheeseen. Sen jälkeen kysytään yleistason kysymyksiä, joita voi tarvittaessa tarkentaa spontaaneilla jatkokysymyksillä. Joissain haastatteluissa käydään läpi myös yksityiskohtaisempia kysymyksiä, ja lopuksi palataan vielä yleistasoisiin kysymyksiin. Tämän jälkeen haastattelu päätetään. Haastattelut voidaan dokumentoida haastattelun aikana tehdyillä muistiinpanoilla tai nauhoittamalla haastattelu. Nauhoittamalla päästään usein parempaan tulokseen, sillä muistiinpanoista voi esimerkiksi puuttua joitain olennaisia asioita ja nauhoituksia voi kuunnella jälkikäteen. (Hyysalo 2009, s. 137–139.)

Tässä diplomityössä on toteutettu kahdeksan puolistrukturoitua teemahaastattelua. Haastattelujen tarkoitus on täydentää kirjallisuuskatsausta ja pyrkiä selvittämään lisätietoja katsauksen aikana heränneisiin kysymyksiin. Näin ollen haastateltavat on valittu kirjallisuuskatsauksen perusteella, ja lisäksi haastateltavat on pyritty valitsemaan siten, että he edustavat eri alojen asiantuntemusta. Tutkimusta varten onkin haastateltu esimerkiksi tutkijoita, tek-

nologiapuolen asiantuntijoita sekä professoreita. Kaikki haastateltavat ovat perehtyneet lohkoketjuteknologiaan ja seuranneet sen kehitystä, joten jokainen heistä edustaa omalta osaltaan kyseisen teknologian asiantuntemusta.

Haastateltavilta on selvitetty esimerkiksi lohkoketjuteknologian yleisiä piirteitä, teknologista toteutusta, käyttöönottoon ja käyttöön liittyviä kysymyksiä, tulevaisuudennäkymiä sekä vaikutuksia lainsäädäntöön. Näiden perusteella on ollut tavoitteena löytää asioita, joita tulee huomioida suunnitellessa lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan. Haastateltaville lähetettiin haastattelukysymykset etukäteen, ja haastattelutilanteessa esitettiin tarkentavia lisäkysymyksiä tilanteen mukaan. Näin ollen haastattelun teema ja eteneminen olivat pääpiirteissään myös haastateltavan tiedossa etukäteen, jolloin tilanteeseen oli mahdollista valmistautua. Haastattelut nauhoitettiin ja haastattelutilanteessa tehtiin lisäksi muistiinpanoja. Haastattelut purettiin litteroimalla ne pääpiirteittäin, minkä jälkeen haastateltavien vastauksista tunnistettiin pääteemat ja aihepiirit. Vastaukset ryhmiteltiin näiden mukaan, ja haastattelujen tulokset on esitetty tämän työn luvussa 5.

1.4 Tutkimuksen rajausta ja rakenne

Tämän diplomityön aihe rajataan koskemaan lohkoketjuteknologian soveltamista kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa. Rajausta perustuu siihen, että Katasteri 2035 -tutkimushankkeen kannalta olennaisinta on kiinteistöjärjestelmän tarkastelu. Lisäksi tämä työ keskittyy erityisesti yleiselle tasolle lohkoketjuteknologiassa ja sen soveltuvuudessa, sillä tässä vaiheessa on tarve erityisesti yleisen tason työlle eikä esimerkiksi tarkemmalle tekniselle kuvaukselle. Lohkoketjujen toiminnan, perusominaisuuksien ja kansainvälisten sovelluskohteiden käsittelemisen lisäksi työ rajataan selvittämään erilaisia huomioonotettavia asioita, joita tulee ratkaista suunnitellessa lohkoketjuteknologian mahdollista hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekistereihin. Löydettyistä asioista ja haasteista pyritään selvittämään lisätietoja, mutta varsinaisten ratkaisujen esittäminen rajataan työn ulkopuolelle.

Taulukko 1. Diplomityön rakenne

Pääluku	Kokonaisuus	Tutkimuskysymys
1. Johdanto	1	
2. Lohkoketjuteknologia	2	1 & 2
3. Suomen kiinteistöjärjestelmä	2	
4. Lohkoketjuteknologian sovelluksia	2	1
5. Haastattelujen tulokset	3	1 & 2
6. Johtopäätökset	4	1 & 2
7. Yhteenveto	4	

Tämän diplomityön rakenne on esitetty taulukossa 1. Työ jakautuu seitsemään päälukuun, joista muodostuu neljä kokonaisuutta. Johdanto muodostaa oman kokonaisuutensa, ja siinä esitellään tutkimuksen tausta ja tavoitteet, määritellään tutkimuskysymykset sekä käydään läpi käytetyt tutkimusmenetelmät ja aineistot. Johdannossa rajataan myös tutkimus ja esitellään työn rakenne. Toisen kokonaisuuden muodostavat luvut 2–4, jotka pohjautuvat kirjallisuuskatsaukseen. Luvussa 2 esitellään esimerkiksi lohkoketjuteknologian synty, sen peruskomponentit ja ominaisuudet sekä lohkoketjun määritelmä ja tekninen kuvaus, lohkoketjujen tyypit, niihin liittyvät toimijat sekä haasteet. Lopuksi käydään läpi lainsäädäntöön liittyviä asioita. Luvussa 3 esitellään Suomen kiinteistöjärjestelmä ja sen rekisterit, ja lisäksi käsitellään rekisterien julkista luotettavuutta ja esitellään Maanmittauslaitoksen ylläpitämä

kiinteistötietojärjestelmä. Luvussa 4 puolestaan käsitellään lohkoketjuteknologian sovellusmahdollisuuksia, teknologian hyödyntämisessä huomioitavia asioita sekä lohkoketjujen mahdollista vaikutusta rekisterinpitoon. Luvussa esitellään myös kansainvälisiä, kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyviä sovelluskohteita, joissa lohkoketjuteknologiaa on käytetty tai suunniteltu käytettävän.

Kolmannen kokonaisuuden muodostaa luku 5, jossa käsitellään tutkimuksessa toteutettujen haastattelujen tuloksia. Luvussa käydään läpi haastateltavilta saatujen vastausten perusteella lohkoketjuteknologian tarjoamat uudet ominaisuudet, hyödyt ja haasteet sekä teknologian soveltamisessa huomioitavia teknisiä asioita. Lisäksi esitellään lohkoketjujen käyttöönottoon liittyviä asioita, mahdollisia sovelluskohteita, lainsäädäntöä sekä teknologian nykytilaa ja tulevaisuutta. Luvut 6 ja 7 muodostavat tutkimuksen neljännen kokonaisuuden. Luvussa 6 esitellään tutkimuksen keskeiset tulokset ja johtopäätökset, ja lisäksi arvioidaan tutkimuksen luotettavuus ja pohditaan mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Luvussa 7 puolestaan tehdään yhteenveto työstä.

Taulukosta 1 nähdään, että toisen kokonaisuuden luvut 2 ja 4 tarjoavat vastauksia ensimmäiseen tutkimuskysymykseen eli siihen, mikä on lohkoketjuteknologia, ja onko sitä jo hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaamista tukee myös kolmannen kokonaisuuden luku 5, jossa esitellään haastateltavien näkemyksiä esimerkiksi lohkoketjuteknologian ominaispiirteistä ja haasteista. Toiseen tutkimuskysymykseen liittyviä asioita puolestaan käsitellään pääosin toisen kokonaisuuden luvussa 2 sekä kolmannen kokonaisuuden luvussa 5. Näiden avulla saadaan vastauksia siihen, mitä asioita tulee ratkaista ja ottaa huomioon, mikäli suunnitellaan lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa. Molempiin tutkimuskysymyksiin vastataan neljännen kokonaisuuden luvussa 6.

2 Lohkoketjuteknologia

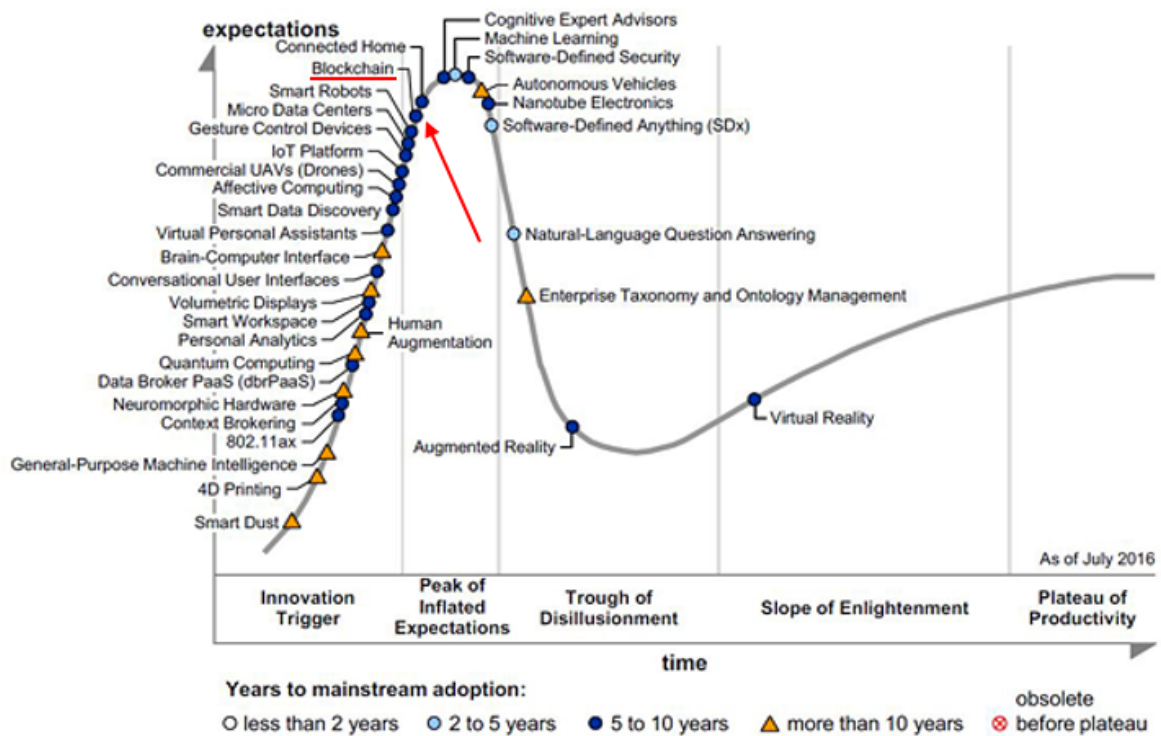
Tässä luvussa perehdytään lohkoketjuteknologian toimintaan. Ensin keskustellaan teknologioiden hypestä, ja selvitetään lohkoketjuteknologian sijainti Gartnerin hypekäyrällä. Sen jälkeen käydään läpi lohkoketjuteknologian synty ja esitellään lyhyesti sen ensimmäinen sovelluskohde eli Bitcoin-verkko. Tämän jälkeen esitellään lohkoketjuteknologian määritelmä, tekninen kuvaus ja perusominaisuudet sekä käydään läpi teknologian toimintaan liittyvät peruskomponentit. Lisäksi esitellään lohkoketjun erilaiset tyypit ja lohkoketjujen käyttöön liittyvät toimijat. Lopuksi käsitellään yleisimpiä lohkoketjuteknologiaan liittyviä haasteita sekä lainsäädäntöön liittyviä asioita.

2.1 Teknologioiden hype

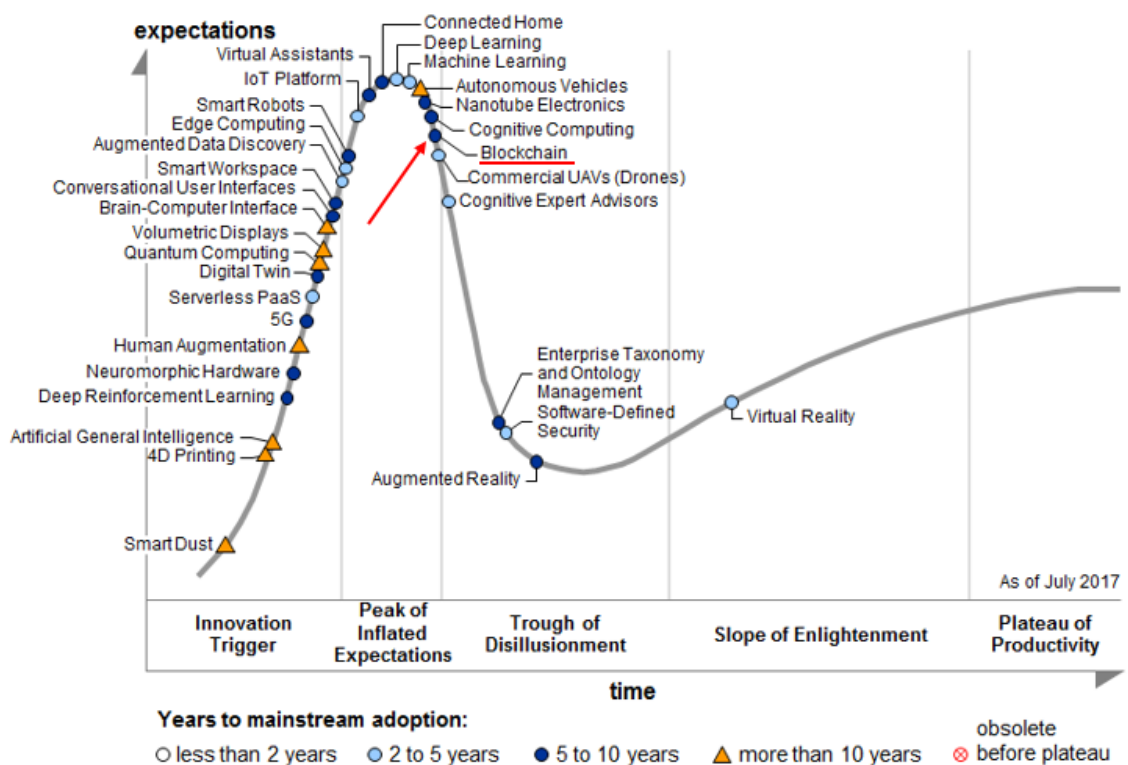
Uudet teknologiat kuulostavat usein hyvin lupaavilta ja olemassa olevia rakenteita mullistavilta. Näin ollen voikin olla vaikea erottaa hypeä, eli suurta hehkutusta ja jopa liioittelua siitä, mikä uuden teknologian avulla oikeasti on mahdollista ja kannattavaa. On myöskin usein haastavaa arvioida, milloin teknologia on todellisuudessa valmis laajamittaiseen hyödyntämiseen, vai päästäänkö siihen pisteeseen ylipäättään koskaan. Vuosittain julkaistavan Gartnerin hypekäyrän tarkoituksena on havainnollistaa erilaisten teknologioiden kypsyyteen ja omaksumiseen liittyviä vaiheita. Hypekäyrän avulla voidaan saada näkemystä siitä, miten tietty teknologia tai menetelmä kehittyy ajan myötä. Lisäksi käyrä voi auttaa esimerkiksi yrityksiä ja organisaatioita oivaltamaan, miten ja milloin jotain teknologiaa voisi alkaa hyödyntää ja ottaa käyttöön omassa toiminnassaan. Käyttäjät voivatkin pohtia omasta näkökulmastaan, kannattaako ottaa riski ja kokeilla uutta teknologiaa ensimmäisten joukossa, vai onko hillitympi lähestymistapa parempi. (Gartner Hype Cycle n.d.)

Gartnerin hypekäyrä erottaa teknologioiden elinkaaren alusta viisi eri vaihetta. Ensimmäinen vaihe on keksinnön tai uudistuksen laukaiseminen (engl. Innovation Trigger), jolloin uusi potentiaalinen teknologia tekee läpimurron ja esimerkiksi mediat kiinnostuvat asiasta. Ensimmäisessä vaiheessa kerrotaan teknologian toimintatavoista, mutta yleensä käyttökelpoisia sovelluksia ei vielä ole eikä teknologian toteuttamiskelpoisuutta ole näin ollen todistettu. Toisessa vaiheessa ollaan liioittelevien odotusten huipulla (engl. Peak of Inflated Expectations), jolloin ensimmäisistä onnistuneista sekä epäonnistuneista kokeiluista raportoidaan. Osa yrityksistä ja organisaatioista on lähtenyt kokeilemaan uutta teknologiaa, mutta suurin osa ei osallistu kokeiluihin vielä tässä vaiheessa. Kolmas vaihe on pettymysvaihe (engl. Trough of Disillusionment), jossa kiinnostus teknologiaan hiipuu epäonnistuneiden kokeilujen ja projektien myötä. Osa teknologian tuottajista karsiutuu epäonnistumisten vuoksi. Teknologiaan sijoittaminen jatkuu vain, mikäli jäljelle jäävät tuottajat saavat kehitettyä sitä toimivammaksi käyttäjien tarpeiden mukaisesti. (Gartner Hype Cycle n.d.)

Neljännessä vaiheessa puolestaan koetaan valaistumista (engl. Slope of Enlightenment) ja hypekäyrä lähtee uuteen nousuun. Markkinoilla jatkaneet yritykset ovat saaneet teknologian käyttäjilleen tarjoamat todelliset hyödyt selville ja teknologiaa aletaan muutenkin ymmärtää laajemmin. Yhä useammat yritykset rahoittavat pilottihankkeita, mutta konservatiivisemmat yritykset ovat edelleen varuillaan uuden teknologian suhteen. Viides eli viimeinen vaihe on tasaisen tuotannon vaihe (engl. Plateau of Productivity), jolloin teknologian käyttöönotto alkaa yleistyä laajalti. Teknologia on tarpeeksi kehittynyt ja sen käyttöönotto on selkeästi kannattavaa. (Gartner Hype Cycle n.d.) Seuraavan sivun kaavioissa 1 ja 2 nähdään Gartnerin hypekäyrät vuosilta 2016 ja 2017. Lohkoketjuteknologian sijainti käyrällä on alleviivattu ja havainnollistettu punaisen nuolen avulla.



Kaavio 1. Gartnerin hypekäyrä 2016 (Gartner 2016)



Kaavio 2. Gartnerin hypekäyrä 2017 (Gartner 2017)

Kaavioista 1 ja 2 huomataan, että lohkoketjuteknologian sijainti on edennyt käyrällä merkittävästi vuoden aikana. Vuonna 2016 teknologian hype ei ollut vielä saavuttanut huippuaan, mutta vuoden 2017 käyrän mukaan huippu on jo ohitettu. Kaavioista huomataan myös, että vuoden aikana lohkoketjuteknologia on ohittanut käyrällä esimerkiksi autonomiset kuluneuvot sekä koneoppimisen. Käyrän mukaan lohkoketjuteknologia on tällä hetkellä toisen ja kolmannen vaiheen rajalla. Näin ollen ensimmäisistä onnistuneista ja epäonnistuneista teknologian soveltamisyrityksistä on raportoitu ja osa yrityksistä on lähtenyt näihin projekteihin mukaan. Seuraavaksi kiinnostus teknologiaa kohtaan saattaa hieman hiipua, ellei toteuttamiskelpoisia sovelluskohteita löydy riittävästi. Tässä vaiheessa onkin hyvä pohtia lohkoketjuteknologian mahdollista hyödyntämistä myös kiinteistöjärjestelmän rekisterien näkökulmasta. Gartnerin hypekäyrälle on merkitty myös, kuinka monta vuotta arvioidaan menevän siihen, että kunkin teknologian käyttö yleistyy ja se omaksutaan laajalti. Lohkoketjuteknologian kohdalla arvioidaankin, että tähän menee vielä 5–10 vuotta.

2.2 Lohkoketjuteknologian synty ja Bitcoin

Lohkoketjuteknologian katsotaan saaneen alkunsa vuonna 2008, jolloin salanimellä Satoshi Nakamoto toiminut taho julkaisi artikkelin, joka toi esille uudenlaisen, lohkoketjuteknologiaan perustuvan tavan toteuttaa hajautettu digitaalinen alusta. Nakamoton henkilöllisyydestä on käyty paljon keskustelua, mutta varmuudella ei tiedetä edes sitä, onko kyseessä yksi henkilö vai suurempi ryhmä tutkijoita. (Lauslahti et al. 2016, s. 3.) Artikkelissaan Nakamoto esitteli lohkoketjuteknologiaan perustuvan menetelmän, jonka avulla esimerkiksi sähköistä kaupankäyntiä ja rahansiirtoja voidaan tehdä ilman luottamusta kaupan muihin osapuoliin. Teknologia varmistaa myös sen, että esimerkiksi samaa digitaalista valuuttaa ei pysty käyttämään useammin kuin yhden kerran. (Nakamoto 2008, s. 1.) Pian Nakamoton julkaisun jälkeen syntyiikin ensimmäinen lohkoketjuteknologiaan perustuva sovellus, eli kryptovaluutta Bitcoin (Lauslahti et al. 2016, s. 3).

Bitcoin on digitaalinen valuutta, jonka toiminta perustuu lohkoketjuteknologiaan ja siten avoimen lähdekoodin järjestelmään. Bitcoinin taustalla toimii täysin hajautettu vertaisverkko, eli mikään keskitetty taho ei kontrolloi vaihdantaa. Bitcoineja voidaan varastoida ja siirtää käyttäjältä toiselle Bitcoin-verkossa, ja näin ollen käyttäjät kommunikoivat keskenään ensisijaisesti internetin välityksellä. Bitcoineilla voi tehdä verkossa lähes kaikkia samanlaisia asioita kuin perinteisillä valuutoilla. Kryptovaluutalla voi esimerkiksi ostaa ja myydä tavaraa sekä lähettää rahaa henkilöille tai yrityksille. Bitcoineja voi kuitenkin käyttää vaihdannassa vain sellaisten tahojen kanssa, jotka hyväksyvät sen maksuvälineeksi. Bitcoineja voi ostaa, myydä sekä vaihtaa muista valuutoista. Kryptovaluutta on kätevä muoto rahalle, sillä se on nopea ja turvallinen, ja siirtoja voi tehdä valtioiden rajojen yli helposti. (Antonopoulos 2014, s. 1.)

Bitcoin on ensimmäinen ja ylivoimaisesti laajimmin käytössä oleva hajautettu kryptovaluutta, vaikka nykyään erilaisia kryptovaluuttoja on olemassa useita satoja. Bitcoineja luodaan palkinnoiksi louhimisprosessista, jossa verkon käyttäjät tarjoavat tietokoneidensa laskentatehoa vahvistaakseen ja tallentaakseen bitcoinien siirtotapahtumia julkiseen tapahtumarekisteriin eli lohkoketjuun. Yksityishenkilöt tai yritykset ryhtyvätkin louhimaan sen avulla saatavia transaktiopalkkioita ja uusia bitcoineja vastaan. (Swan 2015, s. ix–x.)

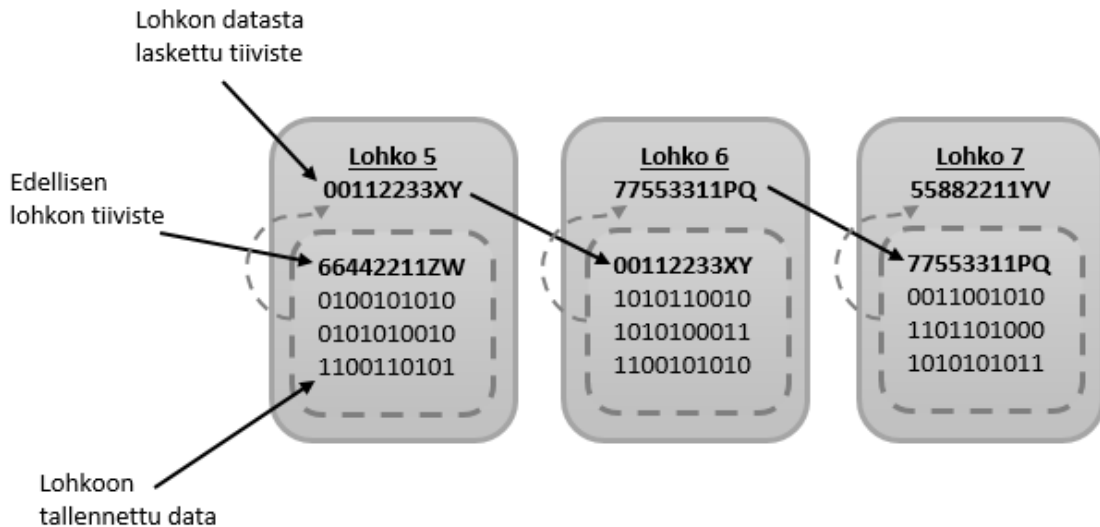
Bitcoinin teknologia perustuu salaukseen sekä digitaalisiin allekirjoituksiin, jotka varmistavat verkon turvallisuuden. Käyttäjillä on niin kutsutut avaimet, joiden avulla voi transaktiotilanteissa todistaa omistavansa transaktioon tarvittavat bitcoinit. Tämän jälkeen kyseisen arvon edestä bitcoineja voidaan siirtää vastaanottajan Bitcoin-osoitteeseen. Avain on ainoa edellytys transaktion suorittamiseen, ja usein käyttäjät säilyttävät avaimiaan tietokoneillaan niin kutsutuissa digitaalisissa lompakoissa (engl. digital wallet). Tällä tavoin bitcoinien hallinnan ja käytön kontrollointi on jokaisen käyttäjän omissa käsissä. (Antonopoulos 2014, s. 1.) Bitcoinien siirrot eivät ole täysin anonyymeja vaan pikemminkin pseudonyymejä, sillä siirtotapahtumista nähdään osapuolten Bitcoin-osoitteet sekä siirretty summa. Transaktiotilanteessa toimitaankin tavallaan nimimerkin takana, joten muut verkon käyttäjät ja ylläpitäjät eivät tiedä lähettäjän tai vastaanottajan henkilöllisyyttä. (Swan 2015, s. x.)

2.3 Lohkoketjun määritelmä, tekninen kuvaus ja ominaisuudet

Lohkoketjulle eli blockchainille ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää. Voidaankin sanoa, että nykyään käsitteellä on ainakin kolme eri merkitystä. Niiden mukaan lohkoketjut voidaan nähdä sekä tietorakenteena, teknologiapinona että yhteiskunnallisena ilmiönä. Edellisessä alaluvussa esitelty Gartnerin hypekäyrä kuvaa hyvin teknologian nykyistä asemaa yhteiskunnan prosesseissa, ja näin ollen lohkoketjuja yhteiskunnallisena ilmiönä. Lohkoketjujen näkeminen teknologiapinona tarkoittaa sitä, että sen hyödyntäminen koostuu useista tasoista. Näitä ovat esimerkiksi applikaatio-, alusta-, prosessointi- sekä protokollatasot. Teknologiapinon käsite perustuukin siihen, että ensin lohkoketjuista puhuttaessa oli olemassa vain yksi käytännön sovelluskohde, Bitcoin-verkko. Aluksi koko lohkoketjun käsite rakentui pitkälti sen varaan, mutta nykyään käsitteestä voidaan erottaa useita edellä mainittuja tasoja. Tällä hetkellä monet lohkoketjuteknologiaan liitettävät yritykset keskittyvätkin toimimaan jollain teknologiapinon tietyllä tasolla. (Mattila 2016, s. 5; Mattila & Seppälä 2017b.)

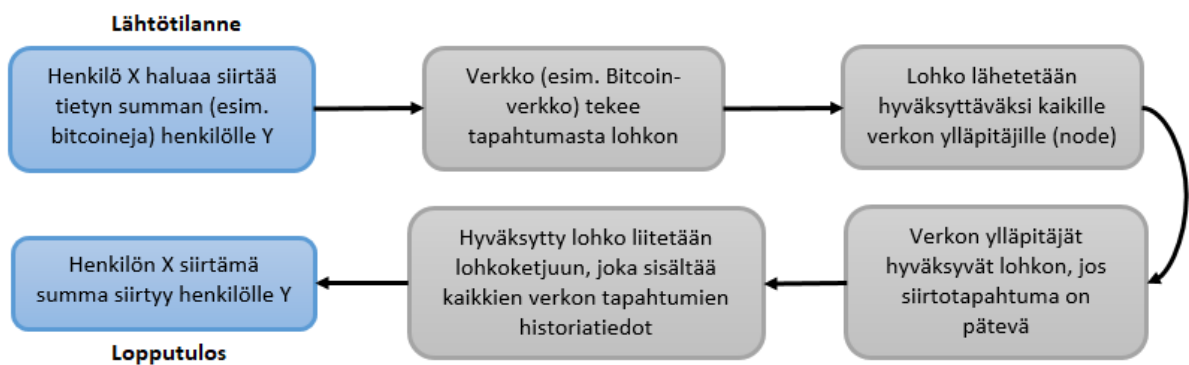
Lohkoketjuteknologia tietorakenteena tarkoittaa yleensä lohkoketjujen teknistä toimintaa ja siihen liittyviä ominaisuuksia, jotka ovat tiedon säilyttämisen perustana. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa alustan hajautetulle tietokannalle, jonka avulla voidaan ylläpitää jatkuvasti kasvavaa datarekisteriä. Rekisteriä kutsutaan myös julkiseksi tilikirjaksi tai tapahtumarekisteriksi (engl. public ledger), sillä se sisältää tiedot kaikista tapahtumista. Lohkoketjuteknologian avulla voidaan säilöä esimerkiksi kirjanpitoa erilaisista transaktioista tai koodia. Data säilötään lohkoihin, ja jokainen uusi lohko linkitetään edelliseen lohkoon datasta matemaattisesti lasketun, sekalaisen merkkijonon eli tiivisteen (engl. hash) avulla. Näin ollen uusi lohko sisältää edellisen lohkon datasta lasketun tiivisteen. Tietty data tuottaa aina täsmälleen samanlaisen tiivisteen, joten sen avulla voidaan varmistaa, että lohkon data on kaikilla käyttäjillä sama. Tiivistettä kutsutaan myös digitaaliseksi sormenjäljeksi, sillä se sisältää aikaleiman tehdyistä tapahtumista. Näin ollen jokaisen tapahtuman ajankohta voidaan jäljittää lohkoketjusta. (Anand et al. 2015, s. 2–4; Storås 2015; Mattila & Seppälä 2017b.)

Kaavio 3 havainnollistaa lohkoketjujen toimintaperiaatetta. Kaaviosta voidaan havaita, että jokainen uusi lohko sisältää edellisen lohkon datasta lasketun tiivisteen, joka on sekalainen merkkijono. Lohkon sisältö on merkattu kaavioon katkoviivoilla, ja binääriluvuilla eli luvuilla 0 ja 1 kuvataan lohkoon tallennettua dataa. Lohkon oma tiiviste lasketaan kyseisen lohkon sisällöstä.



Kaavio 3. Lohkoketjujen yksinkertaistettu toimintaperiaate (mukaillen Kotilainen 2017b)

Lohkoketjun rekisterin vahvistavat lukuisat solmut (engl. node), jotka osallistuvat lohkoketjun ylläpitoon. Solmuilla tarkoitetaan lohkoketjun ylläpitäjien verkkoasemia, joihin lohkot ja niiden sisältämät tiedot tapahtumista tallennetaan. Tiedot ovat kaikkien lohkoketjun ylläpitoon osallistuvien solmujen saatavilla, ja näin ollen transaktioprosessit ovat läpinäkyvämpiä kuin silloin, kun prosessissa käytetään välikätenä puolueetonta kolmatta osapuolta. (Yli-Huumo et al. 2016, s. 3.) Lohkoketjujen toiminta transaktioprosessissa, kuten bitcoinien siirrossa, on kuvattu yksinkertaistettuna kaaviossa 4. Mikäli kyseessä olisi esimerkiksi jonkin datan tallentaminen lohkoketjuun, lähtötilanteena olisi henkilön X halu tallentaa data, ja lopputuloksena data tai siitä laskettu tiiviste tallentuisi lohkoketjuun.



Kaavio 4. Lohkoketjujen toiminta siirtotapahtumassa (mukaillen Viitala 2016)

Jokaisella lohkoketjua ylläpitävällä solmulla on myös kopio tai osittainen kopio lohkoketjusta ja kaikista siihen tallennetuista tapahtumista. Tämän vuoksi keskitettyä tietokantaa ei enää tarvita ja teknologia varmistaa myös sen, että kukaan yksittäinen käyttäjä ei voi vääristellä dataa. (Anand et al. 2015, s. 2.) Mikäli lohkoketjuun tallennettua dataa yritettäisiin muuttaa, datasta laskettu tiiviste muuttuisi. Tiivisteessä jo yhden merkin muutos vaikuttaa seuraaviin lohkoihin, joten verkon muut ylläpitäjät huomaavat datan muuttamisyrityksen ja voivat puuttua tilanteeseen. Periaatteessa lohkoketju voidaan nähdä jalostettuna ja digitaaliseen muotoon siirrettynä kahdenkertaisen kirjanpidon muotona. (Paukku 2017.)

Lohkoketjuteknologiaa tarkasteltaessa voidaan havaita sen muutama perusominaisuus. Teknologia on hajautettu, läpinäkyvä, lähdekoodiltaan avoin, itsenäinen, muuttamaton sekä anonyymi (Lin & Liao 2017, s. 653). Lisäksi teknologialle on ominaista tiedon alkuperäisyys, kiistämättömyys ja vikasetokyky (Mattila & Seppälä 2017b). Hajautetun rakenteen avulla lohkoketjussa ei enää tarvita keskitettyä ja luotettavaa datan säilytyspaikkaa, vaan sitä voidaan varastoida ja päivittää hajautetusti (Lin & Liao 2017, s. 653). Lohkoketjujen hajautettu rakenne on hyvin keskeinen ominaisuus, sillä se erottaa teknologian perinteisistä datarakenteista, joissa dataa hallitaan ja säilötään keskitettyjen palvelimien avulla (Honkanen 2017, s. 8). Lohkoketjun luotettavuus puolestaan perustuu esimerkiksi läpinäkyvyyteen, eli kaikki osapuolet voivat nähdä lohkoketjuun tallennetut tiedot ja päivitykset. Monet lohkoketjuteknologiaan perustuvat järjestelmät ovat avoimia ja tällöin rekistereitä voi tarkastella julkisesti. Kaikki lohkoketjut eivät kuitenkaan ole samanlaisia julkisuuden ja läpinäkyvyyden osalta, ja lohkoketjut onkin usein luokiteltu esimerkiksi julkisiin ja yksityisiin ketjuihin. (Lin & Liao 2017, s. 653–655.) Lohkoketjujen eri tyypit esitellään myöhemmin.

Teknologian itsenäisyys ja muuttamattomuus puolestaan perustuvat siihen, että lohkoketjun osapuolet voivat päivittää dataa itsenäisesti ja turvallisesti, eikä kukaan pääse muuttamaan tietoja huomaamatta. Kaikista muutoksista ja lisäyksistä nimittäin jää merkintä lohkoketjuun. (Lin & Liao 2017, s. 653.) Muuttamattomuuden kannalta oleellista on myös esimerkiksi se, ettei edes tietojen tallentaja voi poistaa tai muuttaa lohkoketjuun kertaalleen tallennettuja tapahtumia tai asiakirjoja (Honkanen 2017, s. 8). Tämä tekeekin mahdollisen virheelisesti tallennetun tiedon korjaamisesta haastavaa. Lohkoketjuteknologia on myös anonyymi, eli datan siirrot ja muut tapahtumat on mahdollista tehdä lohkoketjussa siten, ettei käyttäjän henkilöllisyyttä voida tunnistaa (Lin & Liao 2017, s. 653). Kuitenkin esimerkiksi Bitcoin-verkossa toimitaan pikemminkin pseudonyymeillä eli nimimerkin takana, sillä siirtotapahtumista nähdään osapuolten Bitcoin-osoitteet sekä siirretty summa (Swan 2015, s. x). Tiedon alkuperäisyydellä puolestaan tarkoitetaan sitä, että ainoastaan tiedon allekirjoittanut taho voi todistaa lisänneensä kyseisen kirjauksen tapahtumarekisteriin. Vastaavasti tiedon kiistämättömyys tarkoittaa sitä, ettei allekirjoittanut taho voi uskottavasti kieltää tehneensä kirjausta, jonka on itse allekirjoittanut. Tiedon vikasetokyky puolestaan johtuu siitä, että kaikki verkon solmut ylläpitävät kopiota tietokannasta itsenäisesti eikä ylläpito riipu muista solmuista. (Mattila & Seppälä 2017b.)

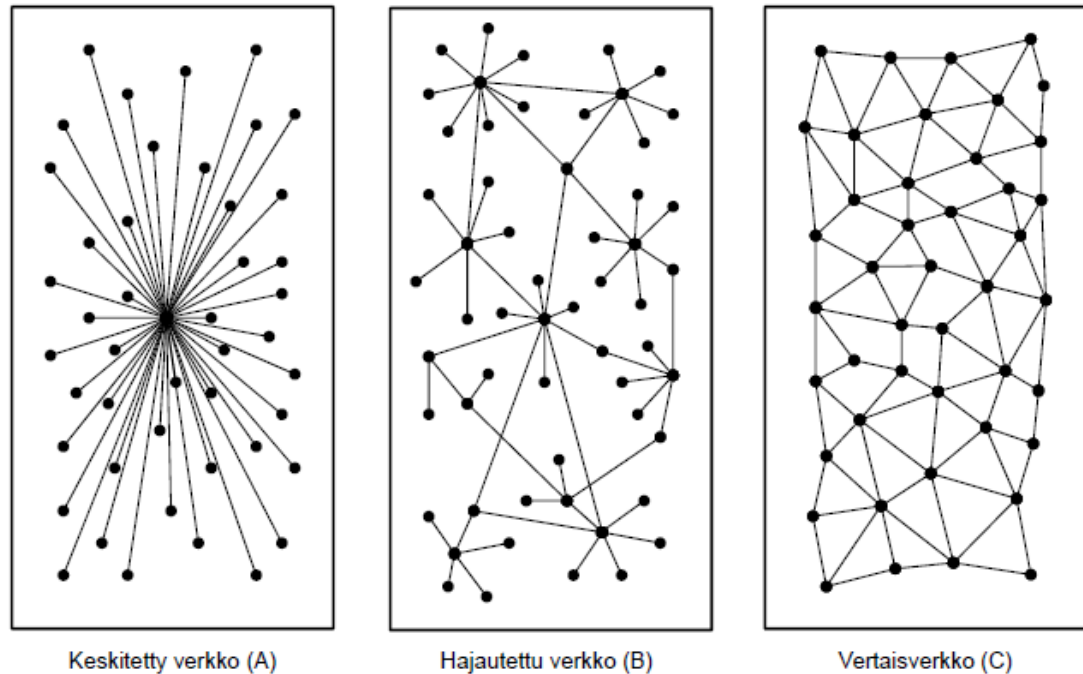
2.4 Lohkoketjuteknologian peruskomponentit

Tässä alaluvussa esitellään lohkoketjuteknologian toimintaan olennaisesti liittyvät peruskomponentit. Ensin esitellään hajautetun vertaisverkon käsite sekä tärkeimmät konsensusmekanismat. Tämän jälkeen esitellään julkisen avaimen salaus ja lopuksi käydään läpi älykkäiden sopimusten toiminta.

2.4.1 Hajautettu vertaisverkko

Kirjanpito esimerkiksi rahansiirroista, äänestystuloksista tai maan omistuksesta on perustunut yleensä keskitettyyn järjestelmään. Luottamus on tärkeää kirjanpidossa sekä erilaisten rekisterien ylläpidossa, ja yleensä näihin tehtäviin tarvitaan keskitetty ja luotettu toimija tai viranomainen. Lohkoketjuteknologia kuitenkin perustuu hajautettuun vertaisverkkoon, jonka avulla keskitettyä ylläpitoa ei enää välttämättä tarvita. (Anand et al 2015, s. 5–6.) Vertaisverkolla (engl. peer-to-peer network, p2p network) tarkoitetaan tietokoneiden muodostamaa verkkoa, jossa jokainen tietokone voi toimia sekä palvelimena että asiakaskoneena. Internetissä vertaisverkkoja käytetään esimerkiksi tiedostojen ja ohjelmistojen jakamiseen

sekä pikaviestintään ja internetpuheluihin. Terminä vertaisverkolla viitataan usein tiedosten jakamiseen tarkoitettuihin verkkoihin. (Sanastokeskus 2010, s. 42.) Kuvasta 1 nähdään keskitetyn, hajautetun ja vertaisverkon rakenteet. Keskitetyssä verkossa luotetaan yhteen ylläpitävään tahoon, kun taas vertaisverkko on täysin hajautettu. Hajautettu verkko on keskitetyn ja vertaisverkon välimuoto, eli se on keskitettyä verkkoa verkottuneempi, mutta jonkinlaisia keskittymiä esiintyy edelleen.



Kuva 1. Keskitetyn, hajautetun ja vertaisverkon rakenteet (Mattila & Seppälä 2015, s. 6)

Lohkoketjuteknologiassa erittäin tärkeä komponentti onkin hajautettu vertaisverkko, jota tarvitaan konsensuksen eli yksimielisyyden luomiseen. Vertaisverkko koostuu lukuisista lohkoketjua ylläpitävistä itsenäisistä solmuista, jotka noudattavat tiettyjä sääntöjä. Solmut vahvistavat ketjussa tapahtuvat transaktiot sääntöihin perustuen, ja tällä tavalla saavutetaan konsensus vertaisverkossa ja vahvistettu transaktio voidaan tallentaa lohkoketjuun. Hajautetulla vertaisverkolla onkin suuria vaikutuksia keskitettyihin organisaatioihin, jotka ylläpitävät ja varmistavat erilaisia transaktioita ja rekistereitä. Mikäli hajautettuja lohkoketjuja aletaan käyttämään suurissa määrin, kyseisten keskitettyjen toimijoiden tarve voi vähentyä huomattavasti. (Anand et al. 2015, s. 6.)

2.4.2 Konsensumekanismit

Täysin hajautetun vertaisverkon ja perinteisen tietokannan välillä tärkeä ero on se, miten tietoaistot kehittyvät ajan myötä. Vertaisverkossa useat osallistujat voivat lisätä tietoa hajautettuun tapahtumarekisteriin, ja konsensumekanismissa kutsutun menetelmän avulla päätetään, mikä tietokannan versio todetaan päteväksi ja voimassaolevaksi. Tämä eroaa perinteisestä tietokannasta, jossa useat osallistujat lisäävät tietoja, mutta vain yksi luotettu toimija päättää lisättyjen tietojen pätevyydestä, ja näin ollen ylläpitää ja hallinnoi tietokantaa. (ENISA 2016, s. 10.) Lohkoketjuteknologiassa uuden lohkon liittäminen ketjuun tapahtuu konsensumekanismin avulla. Mekanismin avulla on tarkoitus luoda luottamus ja yhteisymmärrys lohkoketjun toimijoiden välille, sillä toimijat voivat olla toisilleen tuntemattomia tahoja. (Honkanen 2017, s. 8.)

Konsensusmekanismeja on erilaisia, ja niistä tunnetuimmat ovat Proof of Work ja Proof of Stake -mekanismit. Näistä ensimmäisessä on tarkoitus tuottaa louhimiseen (engl. mining) ja jälkimmäisessä riittäviin panoksiin perustuen hajautetun, solmuista koostuvan vertaisverkon vahvistama, muuttamaton totuus jokaisesta lohkoketjun tapahtumasta. (Honkanen 2017, s. 8.) Proof of Work -menetelmässä dataa on haastavaa tuottaa, mutta sen oikeus on helppo vahvistaa. Menetelmässä vertaisverkon osallisena toimivat tietokoneet käyttävät laskentatehoa ja yrittävät ratkaista matemaattisia ongelmia louhimalla, jotta haluttu data saadaan lisättyä lohkokseen. (Lin & Liao 2017, s. 654.) Louhimisen avulla lohkoketjua myös ylläpidetään ja sitä suojataan vilpillisiltä tapahtumilta sekä kaksoiskäytöltä. Kaksoiskäytöllä tarkoitetaan sitä, että samat digitaaliset resurssit, esimerkiksi bitcoinit, käytetään useammin kuin kerran. Louhiminen vie kuitenkin paljon laskentatehoa ja sen vuoksi Proof of Work on kallis ja energiaa kuluttava prosessi. (Anand et al. 2015, s. 5.)

Proof of Work -menetelmää käytetään esimerkiksi Bitcoin-verkossa, jossa louhimisen avulla etsitään 256 merkkiä pitkiä tiivisteitä, joita löytyy noin kymmenen minuutin välein. Ratkaisun löytäjä palkitaan louhinnan seurauksena syntyneillä uusilla bitcoineilla, joten konsensusmekanismi voidaan käsittää sisäänrakennetuksi algoritmiseksi kannustusmekanismiksi. Tämän avulla kannustetaan toimijoita mukaan louhimisprosessiin, jonka tarkoituksena on estää lohkoketjun väärentäminen tekemällä siitä niin työlästä, ettei väärentäminen ole kannattavaa. Louhimisen seurauksena saattaa joskus aiheutua lohkoketjun haarautumista (engl. fork). Haarautuminen johtuu lohkoketjun jakautumisesta esimerkiksi kahteen eri versioon, joita molempia työstetään ja louhitaan eteenpäin. Haarautumisongelma ratkaistaan valitsemalla ketju, johon on käytetty eniten laskentatehoa eli se haara, jossa on eniten lohkoja. Louhiminen onkin tavallaan versioiden välistä ikuista kilpajuoksua. (ENISA 2016, s. 10 & 31–31; Mattila & Seppälä 2017b.)

Kun Proof of Work -menetelmässä lohkon onnistunut louhiminen riippuu tehdyn louhimistyön ja käytetyn laskentatehon määrästä, Proof of Stake -menetelmässä sen sijaan osapuolen hallussa olevien panosten, esimerkiksi kryptovaluutan, määrä vaikuttaa osallistumismahdollisuuksiin. (Lin & Liao 2017, s. 654.) Proof of Stake -menetelmä onkin energiatehokkaampi ja mahdollistaa resurssien keskittämisen useampien transaktioiden käsittelyyn lyhyemmässä ajassa sen sijaan, että käytettäisiin paljon kallista laskentatehoa tiivisteiden etsimiseen Proof of Work -menetelmän tavoin. (ENISA 2016, s. 34; Mattila 2016, s. 24.) Proof of Stake -menetelmä saattaa myös tarjota lisäsuojasta erilaisia hyökkäyksiä vastaan. Suojaus voi perustua esimerkiksi siihen, että hyökkäyksen toteuttaminen on paljon kalliimpaa tai siihen, että hyökkäykselle on menetelmän vuoksi vähemmän kannustimia. (Lin & Liao 2017, s. 655.)

Kahden edellä esitellyn konsensusmekanismien lisäksi on olemassa lukuisia muitakin mekanismeja. Mattila (2016, s. 24) on esitellyt näiden lisäksi kahdeksan muuta konsensusmekanismia, kaikkien mekanismien hyvät ja huonot puolet sekä esimerkit käyttökohteista. Osa mekanismeista esimerkiksi yhdistelee Proof of Workin ja Proof of Staken ominaisuuksia tai pyrkii hyödyntämään kummastakin menetelmästä niiden hyviä ominaisuuksia. Erilaisia konsensusmekanismeja löytyy kuitenkin luultavasti vieläkin enemmän, ja lisäksi uusia menetelmiä saattaa kehittyä lisää lohkoketjuteknologian tulevien uusien sovelluskohteiden myötä.

2.4.3 Julkisen avaimen salaus ja älykkäät sopimukset

Julkisen avaimen salaus (engl. public key infrastructure, PKI) on yksi lohkoketjuteknologian peruskomponenteista. Ideana on se, että käyttäjällä on sekä julkinen että yksityinen avain, joiden avulla kontrolloidaan pääsyä lohkoketjuun tallennettuihin tietoihin. Yksityinen avain on satunnaisesti luotu, usein pitkä numeroita ja kirjaimia sisältävä sarja. Julkinen avain puolestaan on johdettu yksityisestä avaimesta matemaattisesti, joten avaimet muodostavat yhdessä parin. Esimerkiksi Bitcoin-verkossa julkista avainta käytetään bitcoinien vastaanottamiseen, ja yksityistä avainta käyttäjän todentamiseen silloin, kun halutaan siirtää ja käyttää bitcoineja. (Antonopoulos 2014, s. 62–64.) Yksityistä avainta voidaan käyttää myös esimerkiksi sopimusten allekirjoittamiseen ja muiden transaktioiden vahvistamiseen, ja sen avulla varmistetaan, että kyseessä on oikea henkilö (Anand et al. 2015, s. 8).

Älykkäiden sopimusten (engl. smart contracts) konsepti puolestaan luonnosteltiin alun perin jo vuonna 1994 amerikkalaisen kryptografi Nick Szabon artikkelissa. Siinä älykkäät sopimukset määriteltiin ”koneellisesti luettaviksi transaktioprotokolliksi, jotka toteuttavat sopimuksessa ennalta määritellyt ehdot”. Pari vuotta myöhemmin määritelmää täydennettiin, ja sen mukaan ”älykäs sopimus on joukko digitaalisessa muodossa määriteltyjä sopimusehtoja, jotka sisältävät myös ne transaktioprotokollat, joiden rajoissa osapuolet suorittavat nämä sopimusehdot”. Tietotekniikka oli kuitenkin vielä 1990-luvulla teoriatasoa jäljessä, eikä älykkäitä sopimuksia ja niiden vaatimia digitaalisia alustoja osattu soveltaa. Teknologian kehityessä, ja varsinkin lohkoketjuteknologian mahdollistamana, älykkäät sopimukset ovat nousseet viime vuosina uudelleen mielenkiinnon ja kokeilujen kohteeksi. (Lauslahti et al. 2016, s. 3.)

Älykäs sopimus on lohkoketjuteknologiaa hyödyntävä ratkaisu, jonka avulla voidaan luoda sopimuksia kahden tai useamman osapuolen välille hajautetussa ympäristössä (Yli-Huumo et al. 2016, s. 18). Älykkäät sopimukset ovat yksinkertaisimmillaan koodimuotoon kirjattuja ohjelmia, joita luetaan koneellisesti ja jotka panevat itsensä täytäntöön automaattisesti, kun tietyt ennalta määritetyt sopimusehdot toteutuvat. Älykkäät sopimukset eivät kuitenkaan tarvitse tekoälyä toimiakseen. Alkeelliseksi älykkäiden sopimusten sovellukseksi voidaan konseptin luonnostelleen Nick Szabon mukaan nähdä myyntiautomaatti. Automaatti ottaa vastaan ostajan siihen syöttämät kolikot, antaa vaihtorahat automaatiomekanisminsa avulla sekä luovuttaa tuotteen, josta ostaja maksoi. Näin ollen myyntiautomaatti panee transaktion täytäntöön automaattisesti sopimusehtojen täytyessä eli silloin, kun automaattiin on syötetty tarpeeksi rahaa tuotteen ostoa varten. (Lauslahti et al. 2016, s. 3–4 & 13.)

Mikäli sopimukset tehdään lohkoketjuteknologiaan perustuvassa hajautetussa ympäristössä, ne voidaan tehdä ja panna täytäntöön turvallisesti ilman, että sopimuksen osapuolten täytyy luottaa toisiinsa. Näin ollen luotetun kolmannen osapuolen, jota nykyään käytetään usein esimerkiksi kiinteistökauppaa koskevan sopimuksen tekemisessä, tarve vähenee ja voi jopa poistua kokonaan. (Anand et al. 2015, s. 7.) Älykkäitä sopimuksia onkin mahdollista hyödyntää kaikkiin omaisuuseriin, joilla on arvoa ja joita hallitaan digitaalisesti. Älykkäissä sopimuksissa etuna on se, että ne vähentävät esimerkiksi petosten ja väärinkäytön määrää sekä laskevat transaktiokustannuksia, kun sopimusehdot pannaan täytäntöön automaattisesti. (Lauslahti et al. 2016, s. 13.)

Älykkäisiin sopimuksiin liittyy myös lainsäädännöllisiä kysymyksiä, jotka vaikuttavat esimerkiksi niiden mahdolliseen laajamittaiseen hyödyntämiseen. Älykkäiden sopimusten suhdetta nykyiseen sopimusoikeuteen tuleekin tutkia, ja esimerkiksi älykkäiden sopimusten oikeudellinen luonne täytyisi määrittää. Tähän liittyen onkin selvitettävä, voiko älykkään sopimuksen kautta tehdä oikeustoimia ja siten synnyttää sen osapuolille oikeuksia ja velvollisuuksia. Lisäksi tulee määritellä, milloin älykästä sopimusta voidaan käsitellä sopimuksena. Älykäs sopimus on kuitenkin luonteeltaan ohjelmoitu ja koodin avulla rakentuva tietokoneohjelma, ja se poikkeaa siten tavanomaisista sopimuksista, jotka usein syntyvät esimerkiksi puheen tai kirjoituksen avulla. Älykäs sopimus voi myös pystyä esimerkiksi keräämään dataa ulkopuolisista lähteistä, prosessoimaan dataa ennalta määritettyjen ehtojen mukaan sekä tekemään tämän perusteella toiminnallisia ratkaisuja. Lisäksi älykkäät sopimukset voivat olla keskenään hyvinkin erilaisia. Näin ollen niiden juridisen aseman selkeyttäminen on tärkeää. (Lauslahti et al. 2016, s. 6–13.)

2.5 Lohkoketjujen tyypit

Lohkoketjuteknologian käyttöä suunniteltaessa tulee päättää, millaisia toimijoita halutaan ylläpitämään lohkoketjua. Näin ollen täytyy pohtia, minkä tyyppinen lohkoketjuratkaisu organisaation tarpeisiin sopii. Yleisesti ottaen lohkoketjut voidaan jakaa julkisiin ja yksityisiin ketjuihin. Julkiset ja yksityiset lohkoketjut voivat toimia joko avoimessa (engl. permissionless) tai suljetussa (engl. permissioned) verkossa. Avoimessa verkossa lohkoketjun toimintaan osallistuminen ei vaadi luvan pyytämistä tietyltä taholta tai verkon muilta osapuolilta, mutta suljetussa verkossa liittymiseen vaaditaan lupa. (Kinnunen et al. 2017, s. 6.) Tässä työssä suljetussa verkossa toimivasta lohkoketjusta käytetään termiä luvanvarainen lohkoketju. Luvanvaraisessa lohkoketjussa voidaan sallia vain luotettujen jäsenten osallistuminen äänestysprosessiin, joten verkon toiminta voidaan tehdä nopeammaksi, joustavammaksi ja tehokkaammaksi kuin avoimessa verkossa. Avoimen verkon nähdään kuitenkin olevan jossain määrin esimerkiksi turvallisempi ja vaikeammin peukaloitavissa oleva luvanvaraiseen verkkoon verrattuna. (Mattila 2016, s. 8.)

Avoimessa verkossa lohkoketjun tapahtumat ovat avoimesti nähtävillä, ja verkon sovellukset tuottavat vertaisosallistumista ja näin ollen sopivat esimerkiksi jakamistalouden tarpeisiin (Stenfors 2017, s. 67). Avoimissa julkisissa lohkoketjuissa kuka tahansa voikin tarkistaa ja vahvistaa transaktioita, sillä lohkoketju on saatavilla vapaasti internetissä eikä mikään tietty taho omista tai hallitse sitä. Bitcoin-verkko ja älykkäiden sopimusten sovellusalusta Ethereum ovat hyviä esimerkkejä kyseisistä lohkoketjuista. (Lin & Liao 2017, s. 655; Kinnunen et al. 2017, s. 7.) Esimerkiksi Bitcoin-verkon tapauksessa lohkoketjun julkisuudesta ja avoimuudesta on paljon hyötyä, mutta se myös rajoittaa tehtävien transaktioiden määrää. Konsensuksen luominen jopa koneiden välillä nimittäin vie aikaa ja myös valtavasti laskentatehoa. (Kempe 2017, s. 12.) Julkinen lohkoketju voi olla myös luvanvarainen, jolloin internetissä toimivaa julkista tapahtumarekisteriä hallinnoi yksi tai useampi taho. Kyseinen taho hyväksyy käyttäjien liittymisen lohkoketjuun. Rajattua julkista lohkoketjuratkaisua voitaisiin hyödyntää esimerkiksi sähköisissä äänestyksissä. (Kinnunen et al. 2017, s. 7.)

Yksityisissä lohkoketjuissa puolestaan on rajoitettu, ketkä pääsevät käsiksi lohkoketjuun ja saavat osallistua sen tapahtumien käsittelyyn. Nämä lohkoketjut on tarkoitettu esimerkiksi tietyn yrityksen sisäiseen käyttöön, jolloin julkisen lohkoketjun tapaista konsensusta ja varmistusta ei välttämättä tarvita. Yksityiset lohkoketjut saattavat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, mikäli ei ole selkeää päätöstä siitä, kuka päättää lohkoketjun säännöistä ja esimerkiksi siitä, keitä voidaan ottaa mukaan ja keitä voidaan tarvittaessa erottaa lohkoketjusta. (Honkanen

2017, s. 9.) Luvanvarainen yksityinen lohkoketju voi olla esimerkiksi Intranetin tapaan toimiva yksityinen tapahtumarekisteri, jota hallinnoi yksi tai useampi taho, joka hyväksyy verkkoon liittyvät käyttäjät. Avoin yksityinen lohkoketju on muuten samankaltainen kuin rajattu yksityinen ketju, mutta sen käyttö ei edellytä liittymislupaa, vaan pääsyn yksityiseen verkkoon. (Kinnunen et al. 2017, s. 6.)

Joissain lohkoketjuteknologian soveltamistapauksissa lohkoketjuun tallennettavat transaktiot käsitellään erillisissä yksityisissä, suljetussa verkossa toimivissa sivuketjuissa (engl. sidechains). Tämän jälkeen sivuketjuissa suoritettujen tapahtumien tiedot voidaan siirtää ensin takaisin alkuperäiseen lohkoketjuun ja sen jälkeen mahdolliseen julkiseen lohkoketjuun. Eri-laisista lohkoketjuista koostuva rakenne mahdollistaa transaktioiden tehokkaamman käsitte-lyn sekä joustavuuden esimerkiksi konsensusmekanismien räätälöinnissä ja eri toimenpitei-siin tarvittavassa kapasiteetissa. (Lemieux 2017, s. 5–6.)

2.6 Lohkoketjuihin liittyvät toimijat

Hajautetuille alustoille on tyypillistä, että niissä muutamat eri osapuolet toimivat yhteis-työssä keskenään. Tässä yhteistyössä osa on esimerkiksi alustan tarjoajia ja osa on sen käyt-täjiä. Esimerkiksi Bitcoin-verkossa voidaan katsoa toimivan kuusi erilaista osapuoliryhmää. (Mattila & Seppälä 2017a, s. 7.) Suunniteltavassa lohkoketjuratkaisussa tulee kuitenkin huo-mioida, että siihen tarvittavat toimijat riippuvat tapauskohtaisesti esimerkiksi sovelluskoh-teesta ja lohkoketjun tyypistä, jotka esiteltiin edellisessä aluvuossa. Seuraavaksi esiteltä-vistä, Bitcoin-tyylisen avoimen ja julkisen verkon toimijoista, saa kuitenkin pohjustusta eri-laisten toimijoiden tarpeen pohtimiseen.

Mattila ja Seppälä (2017a, s. 7.) tunnistavat Bitcoin-verkon toimijoiksi käyttäjät, sijoittajat, sovelluskehittäjät, louhijat, solmut sekä alustan kehittäjät. Käyttäjien pääasiallinen syy osal-listua hajautettujen alustojen käyttöön on hyötyä sen hajautetun sovelluksen toiminnallisuu-desta. Heidän tavoitteenaan voi olla esimerkiksi valtioiden rajat ylittävien varojensiirtojen tekeminen lohkoketjuteknologiaan perustuvan kryptovaluutta-alustan avulla. Käyttäjät voi-vat myös olla kiinnostuneita liiketoimintaprosessiensa automatisoinnista lohkoketjuperus-teisten älykkäiden sopimusten avulla. Sijoittajilla puolestaan on tavoitteena hankkia hajau-tetun alustan avulla kryptovaluuttaa ja näin ollen taloudellisia hyötyjä. Sijoittajilta tuleva kysyntä kryptovaluuttaa kohtaan tukee valuutan arvon nousua, joka houkuttelee louhijoita mukaan alustan ekosysteemiin tarjoamaan turvallisuutta. Tämä puolestaan houkuttelee esi-merkiksi uusia käyttäjiä alustalle.

Sovelluskehittäjät rakentavat sovelluksia hajautetun alustan päälle, ja tämä laajentaa alustan toiminnallisuutta ja käytettävyyttä. Usein sovelluskehittäjät keräävät käyttäjiltä palvelumak-suja saadakseen voittoa liiketoiminnastaan. Louhijoiden rooli puolestaan on hyvin keskeinen verkon toiminnan kannalta. Heidän tehtävänä on käsitellä esimerkiksi alustan käyttäjien tekemiä transaktioita ja tarjota turvallisuutta osallistumalla verkon sisäisen konsensuksen muodostamiseen. Louhijat ratkovat jatkuvasti matemaattisia ongelmia louhimalla, ja sen avulla he todistavat hajautetun tietokannan väärentämättömyyden. Prosessi kuluttaa louhi-joiden tietokoneiden laskentatehoa, joten heitä kannustetaan prosessiin uuden kryptovaluu-tan muodossa saatavien louhimispalkkioiden sekä käyttäjiltä kerättyjen transaktiomaksujen avulla. (Mattila & Seppälä 2017a, s. 8.)

Solmujen tarkoitus on ylläpitää hajautettuun alustaan liittyvää hajautettua tietokantaa, ja jokainen solmu toimii itsenäisesti muista solmuista tai osapuolista riippumatta. Solmujen vastuulla on myös valvoa verkon konsensukseen liittyviä sääntöjä vahvistamalla louhijoiden tuottamien uusien lohkojen liittäminen lohkoketjuun. Viimeisenä toimijaryhmänä ovat alustan kehittäjät, jotka hoitavat hajautetun konsensusarkkitehtuurin teknisen suunnittelun. Alustan kehittäjät myös muotoilevat alustaan mahdollisesti tarvittavat pienet muutokset ja ehdottavat niitä solmuille. Muutokset tulevat voimaan, mikäli solmut hyväksyvät ne. Esiteltyjä toimijoita tarkasteltaessa tulee ymmärtää, että eri roolit eivät sulje toisiaan pois, vaan sama taho voi joissain tilanteissa toimia esimerkiksi kahdella eri osa-alueella. (Mattila & Seppälä 2017a, s. 8.)

2.7 Lohkoketjujen haasteet

Tässä aluvuossa esitellään yleisimpiä ja tämän tutkimuksen kannalta olennaisimpia haasteita, joita lohkoketjuteknologiassa on aiheeseen liittyvien julkaisujen perusteella katsottu olevan. Aluksi käsitellään turvallisuuden, yksityisyyteen sekä skaalautuvuuteen liittyvät haasteet. Sen jälkeen esitellään tietojen oikeellisuuden ja luotettavuuden haasteet. Lopuksi käydään läpi haasteet liittyen arvoihin, asenteisiin sekä osaamiseen.

2.7.1 Turvallisuus, yksityisyys ja skaalautuvuus

Lohkoketjuteknologian turvallisuutta on tutkittu monissa aiemmissa tutkimuksissa. Turvallisuuteen liittyviä haasteita ovat esimerkiksi 51 % -hyökkäys, datan muokattavuuden ongelmat sekä varmennukseen ja salaustekniikkaan liittyvät asiat. Bitcoinin osalta on myös tapahtunut erilaisia huijauksia ja monenlaisia hyökkäyksiä sen turvallisuutta vastaan. Näitä ovat esimerkiksi hajautetut palvelunestohyökkäykset, yksityisten tunnusten hakkerointi sekä mainoksista tulleet virukset. (Yli-Huumo et al. 2016, s. 13.)

Lohkoketjuteknologia on menetelmänä erittäin luotettava, mutta luotettavuus edellyttää sitä, että laskentatehossa mitattuna ainakin puolet verkon ylläpitäjistä toimii rehellisesti (Mattila & Seppälä 2015, s. 7–8). Teknologia onkin suunniteltu sen oletuksen varaan, että vertaisverkkoa ylläpitävät solmut toimivat rehellisesti. Mikäli epärehellisesti toimivat solmut saavat hallintaansa lohkoketjun laskentatehosta yli puolet, verkko on haavoittuvainen 51 % -hyökkäykselle. Kyseisellä hyökkäyksellä tarkoitetaan näin ollen sitä, että enemmistö solmuista toimii epärehellisesti ja voi tällä tavoin saada sekoitettua lohkoketjuteknologiaan perustuvaa verkkoa ja sen sisältämiä tietoja. (Yli-Huumo et al. 2016, s. 14.) Tällöin epärehellisellä solmulla on myös mahdollisuus muuttaa tapahtumien dataa ja estää lohkoketjuun tallennettavan tapahtuman varmentamisen. Enemmistöhyökkäysten mahdollisuus on kuitenkin ollut suurempi lohkoketjuteknologian käytön alkuaikoina, jolloin esimerkiksi uudet louhimistekniikat olivat vasta kehitysmässä. (Lin & Liao 2017, s. 656.)

Lohkoketjuteknologiassa datan koskemattomuus on hyvin olennainen asia. Sen vuoksi onkin tärkeää, että alkuperäistä dataa ei ole peukaloitu, kun se lähetetään ja vahvistetaan. Myös varmennukseen ja salaustekniikkaan liittyvät asiat voivat aiheuttaa haasteita ja väärinkäyttöä. Esimerkiksi Bitcoin-verkossa yksityinen avain on tärkeä transaktioiden varmentamisen kannalta, ja eräässä tapauksessa bitcoineja vaihtavan yrityksen järjestelmästä varastettiin heidän asiakkaidensa yksityisiä avaimia. Näin ollen hyökkääjät pääsivät avaimien avulla käsiinsä asiakkaiden bitcoineihin. Tapauksen jälkeen on alettu tutkia transaktioiden varmentamiseen liittyvien toimien tiukentamista. (Yli-Huumo et al. 2016, s. 15–16.)

Swan (2015, s. 88) toteaa tutkimuksessaan, että monia haasteita tulee vielä ratkaista ennen kuin esimerkiksi henkilötietoja on täysin turvallista tallentaa rekistereihin lohkoketjujen avulla. Yksityisyyden kannalta eräs mahdollinen tilanne on se, että henkilötietojen tallentamiseen ja varmentamiseen tarvittava yksityinen avain varastetaan. Mikäli henkilötietorekisteristä saadaan tällä tavoin varastettua tietoja, siitä voi aiheutua yksittäiselle henkilölle identiteettivarkauden vuoksi huomattavia seurauksia. Yksityisten avainten varastamista onkin jo tapahtunut Bitcoinin tapauksessa, kuten edellisessä kappaleessa esiteltiin. Kun pohditaan lohkoketjuteknologian soveltumista kiinteistöjärjestelmään ja siten mahdollisesti kiinteistöjen omistajatietojen rekisteröintiin, nämä varmentamiseen liittyvät turvallisuustekijät ovat hyvin tärkeitä. Yksi turvallisuutta parantava tekijä on useamman kuin yhden avaimen vaatiminen transaktion varmentamiseksi, jolloin vain yhden avaimen varastaminen tai katoaminen ei vielä aiheuta laajaa tuhoa (Anand et al. 2015, s. 5). Varmentamiseen on esimerkiksi suositeltu älypuhelin tai yksityisen avaimen lisäksi (Yli-Huomo et al. 2016, s. 16).

Lohkoketjuteknologian haasteeksi voidaan nähdä myös skaalautuvuuden ongelmat. Näillä ongelmilla tarkoitetaan esimerkiksi sitä, miten lohkoketjuteknologian avulla voidaan käsitellä suuria tietomääriä. Nykyisellään teknologia sopii tilanteisiin, joissa transaktioita ei tapahdu liian usein. Erityisesti hajauttaminen, muuttamattomuus sekä väärentämättömyys kulluttavat erittäin paljon energiaa ja tietoteknisiä resursseja. Lisäksi koko lohkoketjun jatkuva tallentaminen lisää prosessin raskautta. Mikäli teknologiaa aletaan soveltaa tilanteisiin, joissa tapahtumien määrä moninkertaistuu valtavasti, sen kapasiteetti ei nykyisellään tule riittämään. Tämän vuoksi pyritään esimerkiksi sujuvoittamaan konsensusmekanismeja ja kehittämään muita ratkaisuja, jotta lohkoketjuteknologiaa voitaisiin soveltaa laajemmin. (Honkanen 2017, s. 40.)

2.7.2 Tietojen oikeellisuus ja luotettavuus

Lohkoketjuteknologiaan perustuvat ratkaisut suojaavat esimerkiksi rekisterinpitoon liittyviä järjestelmiä korruptiolta, petoksilta ja peukaloinnilta. Näin ollen lohkoketjujen hyödyntämisen tarkoituksena on parantaa kyseisten järjestelmien sisältämien tietojen oikeellisuutta ja luotettavuutta. Täytyy kuitenkin huomioda, että mikäli rekisteröitävien tietojen käsittelyä jatketaan perinteisissä järjestelmissä ja vain näistä tiedoista muodostettu tiiviste tallennetaan lohkoketjuun, tietojen oikeellisuus ja luotettavuus riippuvat edelleen perinteisen järjestelmän luotettavuudesta. Näin ollen mahdollisesti haavoittuvaan perinteiseen järjestelmään voidaan kirjata virheellistä tietoa, ja tämä tieto puolestaan tallentuu tiivisteen avulla lohkoketjuun. (Lemieux 2017, s. 7–8.)

Teknisen näkökulman mukaan myös lohkoketjun solmujen väliset ristiriidat voivat johtaa virheisiin, jotka vaikuttavat tietojen oikeellisuuteen. Ristiriitojen syntyminen on mahdollista niin yhtä kuin useampaakin lohkoketjua toiminnassaan käyttävissä järjestelmissä. Haavoittuvuus on myös mahdollinen riippumatta siitä, onko tietoja käsitelty ainoastaan lohkoketjussa, vai myös sen ulkopuolella. Esimerkiksi erilaisten konsensusmekanismien käyttö saattaa aiheuttaa ristiriitoja rekisterijärjestelmässä, jossa toimitaan useassa lohkoketjussa, kuten yksityisessä sivuketjussa ja julkisessa lohkoketjussa. Myös järjestelmien hajautettu luonne voi johtaa ristiriitoihin transaktioiden tallenteissa, jos järjestelmän eri hajautettujen komponenttien välillä on häiriöitä kommunikoinnissa. (Lemieux 2017, s. 8.)

Lohkoketjuun tallennettuja virheellisiä tietoja on melko hankala korjata. Yksi lähestymistapa virheiden korjaamiselle on tehdä lohkoketjusta muokattava, mutta tähän ratkaisuun päättymisen voidaan nähdä kumoavan perusteet lohkoketjun käytölle. Lohkoketjuteknologian

yhtenä pääominaisuutena nimittäin on muuttamattomuus, joten muutosten tekeminen tallennettuihin tietoihin on ristiriidassa tämän periaatteen kanssa. Toinen vaihtoehto on tehdä uusi tapahtuma, joka korjaa edellisen tapahtuman virheellisyyden. Esimerkiksi, mikäli kiinteistöjärjestelmän rekistereihin merkitään kiinteistökaupan yhteydessä uuden omistajan nimi vahingossa väärin, tilanne voidaan korjata uudella transaktiolla. Uudessa transaktiossa kiinteistön omistusoikeus siirretään väärin kirjoitetulta henkilöltä samalle henkilölle, jonka nimi on nyt kirjoitettu oikein. Tämäkään ei kuitenkaan ole täydellinen ratkaisu, ja siitä voi aiheutua ongelmia myöhemmissä vaiheissa. (Lemieux 2017, s. 8.)

Eriävät mielipiteet lohkoketjuun tallennettujen tapahtumien muokkaamisesta ovat aiheuttaneet esimerkiksi älykkäisiin sopimuksiin keskittyneen Ethereumin lohkoketjun jakautumisen kahtia. Jakautumiseen johtanut monivaiheisten tapahtumien ketju sai alkunsa hyökkäyksestä, joka kohdistui Ethereum-projektiin, hajautettuun organisaatioon DAO:n (distributed autonomous organization). Hyökkäyksessä saatiin varastettua miljoonien dollarien edestä ether-kryptovaluuttaa. Ethereum-yhteisön jäsenet reagoivat hyökkäykseen kahdella eri tavalla. Osa heistä halusi muuttaa Ethereumin koodia niin, että varastetut varat saadaan palautettua hyökkääjältä oikeille omistajilleen, ja osan mielestä lohkoketjua ei periaatteiden mukaan tule muuttaa jälkikäteen tässäkin tilanteessa. Asiasta järjestettiin äänestys, ja enemmistö halusi koodia muutettavan. Ethereumista päätettiin luoda kokonaan uusi lohkoketju, jossa varat saatiin palautettua oikeille omistajilleen. Tämän lisäksi vanha lohkoketju jäi voimaan perinteisiä arvoja noudattaen, ja se sai nimekseen Ethereum Classic. Uusi lohkoketju puolestaan kulkee Ethereum-nimellä. Molemmilla lohkoketjuilla oli niin paljon kannattajia, että haarautumisesta huolimatta niitä voidaan kumpaakin ylläpitää ja louhia. (Hertig 2016.)

2.7.3 Haasteet arvoissa, asenteissa ja osaamisessa

Lohkoketjuteknologian käyttöönottoon ja kehittämiseen on liittynyt myös esimerkiksi arvoihin ja asenteisiin liittyviä haasteita. Kuten monissa muissakin teknologioissa, myös lohkoketjuissa uuden teknologian käyttöön voi liittyä aluksi haluttomuutta hyväksyä ja käyttää sitä. Myös yksityisyys- ja tietosuojakysymykset sekä keskitetyn kontrollin puuttuminen hajautetussa tietokannassa voivat herättää epäilystä. (Honkanen 2017, s. 41.)

Lisäksi puute teknologiaosaajista hillitsee omalta osaltaan lohkoketjuteknologian soveltamista ja käyttöönottoa erilaisissa tilanteissa. Teknologia on vielä niin uusi, joten monet koodaritkin tarvitsevat koulutusta ennen kuin erilaisia sovelluksia voidaan alkaa laajamittaisesti toteuttaa. (Honkanen 2017, s. 42.) Ohjelmistoteknisen puolen osaamisen tulee kehittyä, mikäli lohkoketjuteknologian käyttö yleistyy eri sovelluskohteissa. Tarvitaan esimerkiksi uudenlaista ammattimaista osaamista sekä jatkuvaa koulutusta uusiin teknologioihin. Lohkoketjuteknologian kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen ja sen hyödyntämiseen tarvitaan myös kokonaisuutta taloudellisesta, juridisesta sekä teknisestä asiantuntijuudesta. Edellä mainittujen taitojen osaaminen voi muodostaa uuden ammattimaisen roolin, josta olisi hyötyä lohkoketjuteknologian sovelluskohteiden kartoittamisessa ja toteuttamisessa. Kyseisten taitojen ammattilainen voisi toimia esimerkiksi välikätenä liiketoimintaan keskittyneen, alhaisella teknisellä osaamisella varustetun tahon sekä tietotekniikka-alan ammattilaisten välillä. (Porru et al. 2017, s. 169.)

Lohkoketjuosaamista olisi hyvä löytyä myös yritysjohton ja päätöksenteon puolelta, jotta vältettäisiin mahdolliset väärinarviot niin yksityisellä kuin julkisellakin sektorilla. Ennen lohkoketjujen hyödyntämistä tulee ymmärtää, mihin sovelluksiin teknologia sopii ja missä se tuottaa hyötyä, ja mihin sitä puolestaan ei tarvita. (Honkanen 2017, s. 43.) Tämä on hyvä

muistaa myös pohdittaessa lohkoketjujen hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekistereiden hallintaan. Näin ollen teknologian soveltuvuus ja sen aiheuttamat hyödyt ja mahdolliset haitat tulee selvittää kunnolla ja verrata niitä olemassa oleviin järjestelmiin, ennen kuin voidaan tehdä päätös teknologian hyödyntämisestä.

2.8 Lainsäädäntöön liittyvät asiat

Tässä alaluvussa käsitellään lyhyesti lohkoketjuteknologian hyödyntämiseen liittyviä lainsäädännöllisiä asioita. Ensin käsitellään EU:n uuden tietosuoja-asetuksen mahdollisia vaikutuksia teknologian hyödyntämiseen, ja sen jälkeen käydään läpi lohkoketjuihin liittyvää, keväällä 2017 aloitettua standardisoimistyötä.

2.8.1 EU:n yleinen tietosuoja-asetus

Lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä kiinteistöjärjestelmän rekistereihiin on huomioitava myös tietosuojaan liittyvät kysymykset. Erityisesti henkilötietojen suoja tulee ottaa huomioon, sillä rekisterit sisältävät esimerkiksi kiinteistöjen omistajia koskevia henkilötietoja. Myös EU-lainsäädäntö asettaa tiettyjä vaatimuksia, sillä yleinen tietosuoja-asetus tuli voimaan 24.5.2016, ja sitä aletaan soveltaa kahden vuoden siirtymäajan jälkeen 25.5.2018. Tällöin henkilötietojen käsittelyn tulee olla tietosuoja-asetuksen mukaista. Asetuksen tavoitteena on esimerkiksi vastata teknologian kehitykseen ja globalisaatioon liittyviin haasteisiin, jotka koskevat henkilötietojen suojaa. Tavoitteina ovat myös avoimempi ja läpinäkyvämpi henkilötietojen käsittely sekä rekisteröityjen paremmat oikeudet valvoa henkilötietojensa käsittelyä. Kaikkien asetuksen soveltamisalaan kuuluvien, henkilötietoja käsittelevien organisaatioiden tulee noudattaa asetuksen vaatimuksia. Tietosuoja-asetusta tulee noudattaa sekä yksityisellä että julkisella sektorilla riippumatta esimerkiksi käsiteltävien henkilötietojen luonteesta, siitä kuinka laajaa henkilötietojen käsittely on tai mikä on käytetty teknologia. (Talus et al. 2017, s. 9.)

Uudessa tietosuoja-asetuksessa säädetään esimerkiksi rekisteröidyn henkilön ”oikeudesta tulla unohdetuksi”. Tällä tarkoitetaan sitä, että rekisterinpitäjän tulee poistaa rekisteröidyn pyynnöstä tämän henkilötiedot tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta. Henkilötiedot täytyy poistaa pyynnöstä esimerkiksi silloin, kun tietoja ei enää tarvita niihin tarkoituksiin, joiden vuoksi ne on kerätty. Asetuksen mukaan rekisteröidyllä on myös oikeus saada pääsy häntä koskeviin henkilötietoihin sekä oikeus saada rekisterinpitäjältä jäljennös käsiteltävistä henkilötiedoista yleisesti käytetyssä sähköisessä muodossa. (EU 2016/679, 15 & 17 artikla.) Lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä rekisterinpitoon tuleekin pohtia, miten rekisteröidyn oikeus tulla unohdetuksi toteutuu, mikäli lohkoketjuihin tallennetaan henkilötietoja. Lohkoketjuista on haastavaa poistaa sinne tallennettuja tietoja, sillä koko teknologia perustuu automatisoituun luottamukseen ja tietojen muuttamattomuuteen.

Uuden asetuksen mukaan rekisterinpitäjän tulee myös huolehtia siitä, että kaikissa henkilötietojen käsittelyvaiheissa noudatetaan tietosuojaperiaatteita. Näitä periaatteita ovat esimerkiksi henkilötietojen käsittelyn lainmukaisuus, kohtuullisuus ja läpinäkyvyys sekä tietojen minimointi, täsmällisyys, eheys, luottamuksellisuus ja niiden säilytyksen rajoittaminen. Lisäksi rekisterinpitäjällä on osoitusvelvollisuus, eli tämän täytyy voida osoittaa, että edellä mainittuja tietosuojaperiaatteita noudatetaan. Tällöin täytyy arvioida, miten periaatteet käytännössä toteutuvat omassa toiminnassa, ja näin ollen rekisterinpitäjältä vaaditaan henkilötietojen käsittelyn tarkempaa suunnittelua ja dokumentointia. (Talus et al. 2017, s. 12.)

Tietosuoja-asetuksessa säädetään myös rekisteröidyn oikeudesta siirtää rekisterinpitäjälle toimittamansa henkilötiedot järjestelmästä toiseen, eli käytännössä toiselle rekisterinpitäjälle. Rekisteröidyllä on kyseinen oikeus, mikäli käsittely perustuu suostumukseen tai sopimukseen ja jos käsittely suoritetaan automaattisesti. Tiedot täytyy voida siirtää yleisesti käytetyssä ja koneellisesti luettavassa muodossa, ja henkilötiedot on oikeus saada siirrettyä suoraan rekisterinpitäjältä toiselle, mikäli se on teknisesti mahdollista. Oikeutta ei kuitenkaan ole, jos henkilötietojen käsittelyä tarvitaan yleistä etua koskevan tehtävän suorittamiseen tai rekisterinpitäjälle kuuluvan julkisen vallan käyttämiseen. Oikeus ei saa myöskään vaikuttaa haitallisesti muiden oikeuksiin tai vapauksiin. (EU 2016/679, 20 artikla.)

Lohkoketjujen soveltamisessa tuleekin pohtia tiettyjä tietosuojan ja uuteen asetukseen liittyviä asioita, jotta vältetään niihin liittyvät ongelmat. Yksi tapa ongelmien minimoimiseen voisi olla se, että lohkokeitjuun tallennetaan vain jokin tunnistetai aikaleima koskien esimerkiksi henkilötietoja, jotka tallennetaan johonkin toiseen järjestelmään. Mikäli tiedot tulee saada poistettua, se ei ole tässä tapauksessa läheskään niin vaivalloista kuin tilanteessa, jossa henkilötiedot tallennettaisiin suoraan lohkokeitjuun. Toinen ratkaisu voisi liittyä siihen, että kontrolloidaan tietojen julkisuutta ja salataan sellaista dataa, jonka tulee olla yksityistä. Tässä tapauksessa ongelmia voi aiheutua kuitenkin esimerkiksi siitä, jos salaukseen liittyvä avain katoaa tai siitä tehdään julkinen. Joka tapauksessa EU:n uuden tietosuoja-asetuksen noudattaminen vaatii huolellista suunnittelua ja harkintaa myös lohkokeitjuteknologian osalta. (Farmer 2017.)

2.8.2 Standardisointi

Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry:n mukaan standardisointi on yhteisten toimintatapojen laatimista, ja sillä esimerkiksi lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta. Standardien tarkoitus onkin helpottaa viranomaisten sekä elinkeinoelämän ja kuluttajien toimintaa. (Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry n.d.) Standardeja hyödynnetään usein myös lainsäädännössä, sillä niiden avulla säädöksiin ei tarvitse kirjoittaa teknisiä yksityiskohtia. Esimerkiksi EU käyttää säädöstensä tukena paljon standardeja. (Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry 2013, s. 16.)

Lohkoketjuteknologian käyttöönottoa on hidastanut omalta osaltaan yhteisesti sovittujen sääntöjen ja lakien puute, ja aiheeseen liittyvä standardisointi onkin aloitettu keväällä 2017. Lohkoketjuteknologian osalta tärkeiksi standardisoinnin painopistealueiksi on tunnistettu esimerkiksi termistö, yhteentoimivuus, turvallisuus ja tietosuoja, käyttötapaukset sekä älykkäät sopimukset. Älykkäiden sopimusten lainsäädäntöön liittyviä haasteita sivuttiin aiemmin tässä tutkimuksessa. Standardisoiimistyössä on lähdetty liikkeelle termistön määrittelemisestä, ja sekä siihen että muihin painopistealueisiin liittyen on perustettu työryhmiä. Myös Suomi seuraa standardisoinnin etenemistä ja osallistuu siihen seurantaryhmän kautta. (Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry 2017.) Standardien avulla voidaan saada apua joihinkin lohkokeitjuteknologian nykyisiin haasteisiin, ja yhteisesti sovitut toimintatavat voivat helpottaa teknologian soveltamista.

3 Suomen kiinteistöjärjestelmä

Tässä luvussa esitellään Suomen kiinteistöjärjestelmä ja erityisesti sen rekisterit. Ensin käydään läpi kiinteistön määritelmä. Sen jälkeen esitellään kiinteistöjärjestelmän peruselementit ja kiinteistörekisterin, rekisterikartan sekä lainhuuto- ja kiinnitysrekisterin ominaisuudet. Tämän jälkeen käsitellään julkisen luotettavuuden käsitettä ja kiinteistöjärjestelmän rekistereiden julkista luotettavuutta. Lopuksi esitellään Maanmittauslaitoksen ylläpitämä kiinteistötietojärjestelmä.

3.1 Kiinteistön määritelmä

Kiinteistöllä tarkoitetaan kiinteistönmuodostamislain (KML 554/1995) mukaan sellaista itsenäistä maanomistuksen yksikköä, joka tulee kiinteistörekisterilain (KRL 392/1985) mukaan merkitä kiinteistönä kiinteistörekisteriin. Laissa on määritelty myös kiinteistön ulottuvuus. Sen mukaan kiinteistöön kuuluu siihen kuuluva alue, osuudet yhteisiin alueisiin sekä yhteisiin erityisiin etuuksiin. Lisäksi kiinteistö käsittää sille kuuluvat rasiteoikeudet ja yksityiset erityiset etuudet. (KML 2.1 §.) Kaikki edellä mainitut ulottuvuuden osat voivat kuulua yksittäiseen kiinteistöön, tai kiinteistö voi muodostua yhdestä tai useammasta ulottuvuuden osasta. Tällöin kiinteistöön voi kuulua vain osuus yhteiseen alueeseen tai erityiseen etuuteen, mutta rasiteoikeus ei voi yksinään muodostaa kiinteistöä. Määräala puolestaan on kiinteistön tai muun rekisteriyksikön rajoiltaan määrätty osa, joka on eri henkilön omistuksessa kuin kyseinen kiinteistö tai muu rekisteriyksikkö. Määräalaan sovelletaan kiinteistöä koskevia säännöksiä, mutta se ei kuitenkaan ole kiinteistö, sillä sitä ei merkitä kiinteistönä kiinteistörekisteriin. (Vitikainen 2013, s. 1–5.)

Ihmisen eli henkilön suhdetta maahan kuvataan usein subjektin, oikeuden tai rajoituksen sekä objektin avulla. Subjektilla tarkoitetaan henkilöä, jolla on oikeus käyttää maata. Henkilö voi olla esimerkiksi luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, joka puolestaan voi olla esimerkiksi yhtiö tai kunta. Henkilön käsitteelle tyypillinen ominaisuus on se, että henkilöt on yksilöity kiinteistöjärjestelmässä tunnuksen, kuten henkilö- tai yhtiötunnuksen, avulla. Kiinteistöön kohdistuva oikeus tai rajoitus kuvaa sitä, mitä oikeudenhaltija saa tehdä tai joutuu tekemään. Oikeus voi olla esimerkiksi omistus-, vuokra-, pantti- tai käyttöoikeus. Oikeudet voivat myös olla päällekkäisiä. Objekti eli kohde sen sijaan voi olla esimerkiksi alueellisesti rajattu kiinteistö, asunto tai rakennus, johon kyseessä oleva oikeus tai rajoitus kohdistuu. (Vitikainen 2013, s. 7–8.)

3.2 Kiinteistöjärjestelmä

Kiinteistöjärjestelmät muodostuvat yleensä kolmesta peruselementistä eli kartasta, katasterista ja kiinteistökirjasta. Muut järjestelmien yksityiskohdat liittyvät edellä mainittuihin elementteihin ja niiden välisiin suhteisiin. Kolme peruselementtiä ovatkin havaittavissa lähes kaikissa kehittyneissä kiinteistöjärjestelmissä ympäri maailman. Kartan tarkoitus on kertoa kiinteistöjen ja muiden rekisteriyksiköiden sijainnit esimerkiksi koordinaatiston ja merkittävien rajojen avulla. Katasteri puolestaan on kiinteistöjen luettelo, ja siihen merkitään kaikki kiinteistöt ja muut rekisteriyksiköt sekä niissä tapahtuvat muutokset kiinteistötoimitusten ja muiden päätösten mukaisesti. Kiinteistökirjassa on lueteltuna kiinteistöihin kohdistuvat oikeudet ja rajoitukset, ja näin ollen se on vahvasti yhteyksissä katasteriin. (Hyvönen 1998, s. 1.)

Suomessa kiinteistöjärjestelmä rakentuu edellä esiteltyjen kolmen peruselementin varaan. Suomen järjestelmässä karttana toimii kiinteistörekisterikartta, katasterina kiinteistörekisteri ja kiinteistökirjana lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri. Kiinteistöjärjestelmällä tarkoitetaan näiden kolmen elementin muodostamaa kokonaisuutta. Kiinteistöjärjestelmään katsotaan kuuluvan myös järjestelmän ylläpito eli sellaiset oikeustoimet, kiinteistötoimitukset sekä muut viranomaispäätökset, joiden perusteella tehdään muutoksia kiinteistöjärjestelmään. (Vitikainen 2013, s. 22.)

Kiinteistörekisterin sisällöstä säädetään kiinteistörekisterilaissa (KRL 392/1985) ja kiinteistörekisteriasetuksessa (KRA 970/1996). Kiinteistörekisteriin merkitään kiinteistöt sekä muut maa- ja vesialueiden rekisteriyksiköt. Myös kiinteistötoimituksista ja viranomaisten päätöksistä aiheutuvat muutokset rekisteröidään kiinteistörekisteriin. Rekisteriyksikön kohdalle merkitään sen ominaisuus- ja sijaintitiedot sekä muut yksikköä koskevat tiedot. Näitä tietoja ovat esimerkiksi kiinteistötunnus, pinta-ala, rekisteröimisajankohta, osuudet yhteisiin alueisiin, rasitteet, etuudet sekä käyttöoikeudet ja -rajoitukset. Kiinteistörekisteri kattaa koko maan, ja sen ylläpitäjänä toimii Maanmittauslaitos ja asemakaava-alueilla myös monet kunnat. Kiinteistörekisteriin merkittävät tiedot katsotaan merkityiksi kiinteistörekisteriin siitä lähtien, kun nämä tiedot on tallennettu kiinteistötietojärjestelmään. (Vitikainen 2014, s. 71–72.) Kiinteistötietojärjestelmä esitellään luvussa 3.4. Kiinteistörekisterissä sijaintitietojen tulee olla numeerisessa muodossa siten, että tarvittaessa kiinteistöjaotus voidaan tulostaa kiinteistörekisterikartaksi (KRL 14 §).

Kiinteistörekisterikartta on osa kiinteistörekisteriä ja se osoittaa rekisteriyksiköiden rajat, sijainnit sekä muut tunnistamisen kannalta tarpeelliset tiedot, kuten kiinteistötunnukset (Vitikainen 2013, s. 69). Karttaan tulee merkitä myös kiinteistörekisteriin merkityn määrälän määrälätunnus ja sijainti saantokirjan mukaan. Lisäksi kiinteistörekisterikarttaan merkitään rasitteet, käyttöoikeudet ja -rajoitukset sekä esimerkiksi asemakaava- ja yleiskaava-alueiden rajat. (KRA 10 §.) Eri aikoina voimassa olleista rekisteröintitavoista johtuen kartalta voi puuttua esimerkiksi aiemmin perustettuja rasitteita, käyttöoikeuksia tai käyttörajoituksia. Lisäksi karttaan merkityissä sijaintitiedoissa voi olla epätarkkuuksia, sillä kaikista rajapyykeistä ei ole saatu tarkkoja koordinaatteja. Tarkempia tietoja rekisteriyksikön rajoista saakin selvitettyä toimitusasiakirjoista ja maastosta. Maanmittauslaitos ja kiinteistörekisteriä pitävät kunnat pyrkivät kuitenkin parantamaan tietojen laatua jatkuvasti. (Vitikainen 2013, s. 70.)

Lainhuuto- ja kiinnitysrekisteristä säädetään esimerkiksi maakaassa (MK 540/1995) ja asetuksessa lainhuuto- ja kiinnitysrekisteristä (960/1996). Rekisterin tarkoituksena on vahvistaa oikeudenhaltijoiden oikeuksia ja turvata sivullisten etuja mahdollistamalla kiinteistöön kohdistuvien oikeuksien ja rasitusten kirjaaminen. Tämän lisäksi tarkoituksena on edistää kirjaamisasioiden käsittelyä sekä varmistaa oikeuksia ja rasituksia koskevan ajantasaisen tiedon saatavuus esimerkiksi erilaisia oikeustoimia ja hankkeita varten. (MK 7:1a §.) Lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri muodostaa kiinteistöjärjestelmän kirjaamisosan, ja se sisältää tiedot kiinteistöihin kohdistuvista oikeuksista ja rasituksista. Lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriä ylläpitää Maanmittauslaitos, ja rekisterin kiinteistötiedot perustuvat kiinteistörekisterin tietoihin. (Vitikainen 2014, s. 73.)

Lainhuudot, erityiset oikeudet ja kiinnitykset merkitään kirjaamisasioina lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriin. Myös niihin liittyvät kirjaamishakemukset, tiedot hakemusten käsittelystä ja kirjaamista koskevat ratkaisut merkitään rekisteriin, ja lisäksi rekisteriin tehdään merkin-
töjä muista kiinteistöön kohdistuvista oikeuksista ja rasituksista. Lainhuudolla tarkoitetaan

kiinteistöön tai esimerkiksi sen määräalaan tai määräosaan kohdistuvan omistusoikeuden myöntämistä ja kirjaamista lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriin. Erityinen oikeus puolestaan tarkoittaa sopimukseen perustuvaa oikeutta käyttää toisen omistamaa kiinteistöä. Näitä oikeuksia voivat olla esimerkiksi vuokraoikeus, metsänhakkuuoikeus sekä oikeus ottaa maa-aineksia. Kiinteistöpanttioikeus taas perustetaan vahvistamalla kiinteistöön tai muuhun kohteeseen kiinnitys ja luovuttamalla siitä todistukseksi saatu panttikirja velkojalle vakuudeksi. (Vitikainen 2014, s. 73–74.)

3.3 Julkinen luotettavuus

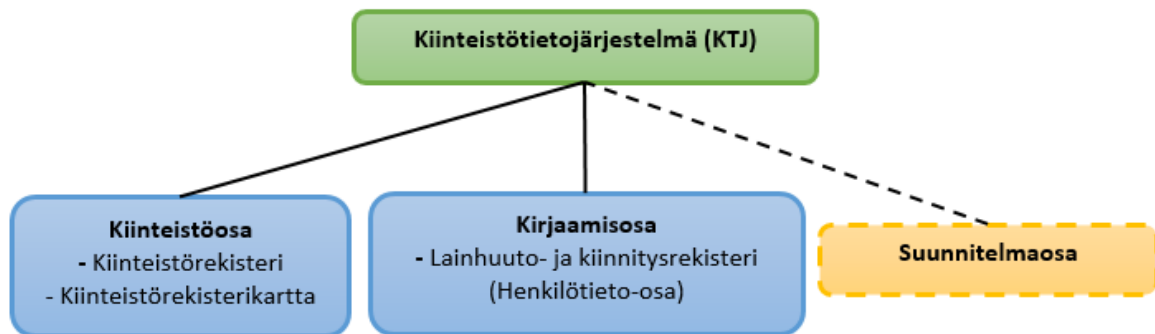
Kiinteistöjärjestelmän rekistereiden osalta julkisesta luotettavuudesta puhutaan yleensä kolmenlaisessa merkityksessä – positiivisena, negatiivisena sekä tosiasiallisena. Positiivisella julkisella luotettavuudella tarkoitetaan sitä, että sivullisella on luottamuksensuoja kiinteistökirjaan kirjatun oikeuden pätevyyteen. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että kiinteistön ostaja voi luottaa kiinteistökirjan tai vastaavan rekisterin omistajatietoihin ja muihin merkintöihin, eikä hänen tarvitse muulla tavoin selvittää rekisteröidyn oikeuden pätevyyttä. Negatiivisella julkisella luotettavuudella puolestaan tarkoitetaan sitä, että sivullisella on luottamuksensuoja siihen, ettei kiinteistökirjaan merkittyjen oikeuksien lisäksi ole olemassa muita oikeuksia. Näin ollen esimerkiksi kolmas osapuoli voi luottaa kiinteistökirjaan hankkiessaan siihen merkittyjä oikeuksia, eikä hänen tarvitse selvittää, onko mahdollisesti olemassa muitakin oikeuksia kuin kiinteistökirjaan merkityt oikeudet. Tosiasiallinen julkinen luotettavuus tarkoittaa sitä, että kirjaamismerkinnät ovat virheettömiä ja näin ollen asiallisesti päteviä. (Hyvönen 1998, s. 49–50.)

Suomessa kiinteistörekisterillä ei ole varsinaisesti julkista luotettavuutta vaan se on rajallinen, ja rekisterillä on sen sijaan korkeatasoinen tosiasiallinen luotettavuus (Hyvönen 1998, s. 51). Näin ollen kiinteistörekisterin luotettavuus perustuu sen tosiasiallisesti hyvään laatuun. Kiinteistörekisterin pitäjällä, eli valtiolla tai kunnalla on pääasiassa korvausvastuu, mikäli kiinteistörekisterissä havaitaan virheellistä tietoa. Sen sijaan lainhuuto- ja kiinnitysrekisterin tiedot ovat julkisesti luotettavia. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että pääsääntöisesti rekisteriin merkityn omistajan kanssa oikeustoimen solminut taho saa luottaa omistusoikeutensa pysyvyyteen, vaikka rekisteriin merkitty omistaja ei olisikaan ollut kiinteistön oikea omistaja. Tällöin oikealle omistajalle maksetaan korvaus valtion varoista. Lainhuuto- ja kiinnitysrekisterin tiedot ovat julkisia, kun taas kiinteistörekisterin tietojen julkisuuteen sovelletaan lakia viranomaisten toiminnan julkisuudesta (621/1999) sekä lakia kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettavasta tietopalvelusta (453/2002). (Vitikainen 2014, s. 72–74.)

3.4 Kiinteistötietojärjestelmä

Kiinteistötietojärjestelmä (KTJ) on koko maan kattava, julkinen perustietojärjestelmä, josta on saatavissa kiinteistörekisterin ja -rekisterikartan sekä lainhuuto- ja kiinnitysrekisterin tiedot. Kiinteistörekisteri ja kartta kuuluvat järjestelmän kiinteistöosaan, ja lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri puolestaan kirjaamisosaan. Kiinteistöosaa ylläpitää osittain Maanmittauslaitos ja osittain kiinteistörekisteriä ylläpitävät kunnat. Kirjaamisosan lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriä puolestaan ylläpitää Maanmittauslaitos. Kirjaamisosaan kuuluu myös henkilötieto-osa, jota ylläpidetään Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmästä saatujen tietosiirtojen avulla. Henkilötieto-osaan merkitään kiinteistön omistajien ja erityisten oikeuksien haltijoiden henkilötiedot. (Vitikainen 2014, s. 75.) Vaikka kiinteistötietojärjestelmän tiedot ovat julkisia, esimerkiksi henkilötunnus voidaan luovuttaa vain silloin, jos pyytäjällä on tai voi olla kyseinen tunnus hallussaan henkilötietolain tai muun lain nojalla (KTJ-laki 6 §).

Alun perin kiinteistötietojärjestelmään piti kuulua kiinteistö- ja kirjaamisosien lisäksi myös suunnitelmaosa, jonka oli tarkoitus sisältää asema- ja rakennuskaavatiedot, rakennuskielto-tiedot sekä tietyt muut maankäyttöä koskevat tiedot. Suunnitelmaosan toteuttaminen on kuitenkin edelleen vuosikymmenien jälkeen kesken, ja suurin haaste sen toteuttamiselle on suunnitelmaosaan kirjattavien tietojen päivittämisen organisointi. Mikäli suunnitelmaosa ha-luttaisiin toteuttaa, kaikkien Suomen kuntien osalta tulisi organisoida tietojen päivitys jär-jestelmään. (Vitikainen 2013, s. 23–24.) Osa suunnitelmaosaan kuuluvista tiedoista sisälly-tettiin kiinteistörekisteriin vuonna 1991 annetun kiinteistörekisteriasetuksen (481/1985) perusteella. Kyseiset tiedot liittyvät rekisteriyksikköön kohdistuviin maankäytön oikeuksiin ja rajoituksiin, joita ovat esimerkiksi vahvistetut yleiskaavat sekä voimassaolevat rakennus-kiellot. Tällä tavoin suunnitelmaosaa saatiin toteutettua kiinteistöosassa, ja vuonna 1996 kiinteistötietojärjestelmän katsottiinkin kattavan tärkeimmiltä osiltaan koko maan. (HE 141/2001.) Kiinteistötietojärjestelmän osat on havainnollistettu kaaviossa 5.



Kaavio 5. Kiinteistötietojärjestelmän osat (mukaillen Vitikainen 2013, s. 24)

Kiinteistötietojärjestelmän perusyksiköitä ovat kiinteistöt ja muut rekisteriyksiköt, ja kiinteistöyksikön tunniste on kiinteistötunnus. Järjestelmään rekisteröidään esimerkiksi ulottuvuuteen liittyvät tiedot kuten pinta-alat, osuudet yhteisiin sekä etuudet ja rasitteet. Perusyksikön yhteyksiä ovat esimerkiksi omistussuhteet ja erilaiset rasitukset sekä näissä tapahtuvat muutokset, kuten määräalan ja kiinteistön saanto sekä maanvuokra ja kiinnitys. (Hyvönen 1998, s. 147.) Kiinteistötietojärjestelmän kehittämisestä, ylläpidosta ja hallinnosta vastaa Maanmittauslaitos. Jokainen viranomainen, joka vastaa tietojen tuottamisesta järjestelmään, on kuitenkin velvollinen huolehtimaan tämän tiedon ajantasaisuudesta ja tallentamisesta kiinteistötietojärjestelmään. (Vitikainen 2014, s. 75.)

Kiinteistötietojärjestelmästä säädetään laissa kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettava tietopalvelusta (453/2002). Lain mukaan Maanmittauslaitoksen tulee järjestää jokaiselle mahdollisuus saada Maanmittauslaitoksessa luettavakseen kiinteistötietojärjestelmässä olevia tietoja ja tehdä niistä muistiinpanoja. Tietoja voidaan luovuttaa maksua vastaan otteina, todistuksina ja muina tulosteina sekä teknisen käyttöyhteyden avulla. Tällä tavoin tietoja voivat luovuttaa kunnat, maistraatit ja Maanmittauslaitos sekä Maanmittauslaitoksen päätökseen perustuen myös muut viranomaiset, jotka pääsevät teknisellä käyttöyhteydellä kiinteistötietojärjestelmään. (KTJ-laki 6 §.)

4 Lohkoketjuteknologian sovelluksia

Lohkoketjuteknologian on osoitettu toimivan, ja tällä hetkellä tutkitaankin sitä, mihin kaiken teknologiaa voitaisiin kannattavasti soveltaa. Tässä luvussa esitellään lohkoketjuteknologian erilaisia kansainvälisiä sovelluskohteita. Ensin käydään läpi sovellusmahdollisuuksien eri tyypit sekä lohkoketjujen hyödyntämisessä huomioitavia asioita. Sen jälkeen esitellään aiempien tutkimusten tuloksia liittyen lohkoketjujen hyödyntämiseen kiinteistöjärjestelmän rekistereissä ja maanhallinnassa. Luvussa esitellään myös kansainvälisiä esimerkkejä, joissa lohkoketjuteknologiaa on käytetty tai suunniteltu käytettävän kiinteistöjärjestelmän rekisterien kannalta mielenkiintoisissa kohteissa. Näistä ensimmäisenä käydään läpi Ruotsin projekti, jossa on tutkittu teknologian käyttöä kiinteistökaupan prosessissa. Tämän jälkeen esitellään muita kansainvälisiä, kiinteistöjärjestelmän rekisterinpitoon liittyviä lohkoketjuhankkeita.

4.1 Sovellusmahdollisuuksien eri tyypit

Lohkoketjuteknologialla sanotaan olevan lukuisia erilaisia sovellusmahdollisuuksia liittyen esimerkiksi rahajärjestelmien rakenteiden, liiketaloudellisten toimintamallien sekä hallinnon ja yhteiskunnan järjestelmien uudelleenorganisointiin. Stenfors (2017, s. 68) jakaa kirjoituksessaan lohkoketjuteknologian sovellusmahdollisuudet kolmeen eri näkökulmaan niiden vaikuttavuuden perusteella. Ensimmäisen näkökulman sovellusten on tarkoitus tehostaa ekosysteemin olemassa olevia prosesseja, toisen näkökulman sovellukset ovat uusia innovatiivisia ongelmanratkaisutapoja ja kolmannen näkökulman sovellukset ovat disruptiivisia, eli ne uudistavat toimintaprosessit sekä osapuolten roolit hyvin laajasti. Nämä kolme näkökulmaa on havainnollistettu kaaviossa 6.



Kaavio 6. Kolme keskeistä näkökulmaa (mukaillen Stenfors 2017, s. 69)

Ensimmäisessä näkökulmassa lohkoketjuteknologian tarkoitus on parantaa toiminnan tehokkuutta, kun toimitaan yhteistyössä esimerkiksi eri osastojen, organisaatioiden tai koko ekosysteemin kanssa. Nykyiset julkishallinnon prosessit voidaan jakaa neljään eri alueeseen, joilla lohkoketjuteknologiaa voidaan käyttää prosessien tehostamisessa. Ensimmäinen alue käsittää esimerkiksi erilaiset todistukset, luvat, transaktiot, lisenssit sekä verifiointin eli todentamisen. Toisella alueella ovat esimerkiksi identiteettiin, luottotietoihin ja äänestyksiin liittyvät prosessit. Kolmas alue puolestaan sisältää omistuksen ja rekisterit, kuten kiinteistönomistukseen liittyvät kirjaukset ja omistusten vaihdot. Neljäs alue käsittää rahaliikenteen

prosessit. (Stenfors 2017, s. 69–70.) Näillä alueilla lohkoketjuteknologian soveltamista on suunniteltu ja ratkaisuja on toteutettu tai aloitettu toteuttaa. Tulevien vuosien aikana varmasti selviää, ovatko ratkaisut onnistuneita, ja mihin kaikkeen muuhun lohkoketjuja voi mahdollisesti soveltaa.

Toisen näkökulman innovatiiviset ongelmanratkaisutavat liittyvät esineiden ja asioiden internetiin (engl. Internet of Things, IoT) sekä älykkäisiin sopimuksiin. Tarkoituksena on toiminnan tehostamisen lisäksi myös uuden markkinan avaus ja kasvu. Esineiden internetillä tarkoitetaan internetin hyödyntämistä laitteissa ja koneissa, jotka voivat verkon avulla esimerkiksi aistia ympäristöään, toimia itsenäisesti sekä kommunikoida keskenään. Mikäli lohkoketjuteknologiaa hyödynnettäisiin esineiden internetiin, tietyn IoT-laitteen historiaa ja toimintaa voisi olla mahdollista seurata, ja älylaitteet voisivat toteuttaa transaktioita itsenäisesti. Myös erilaisten sopimusten muuttaminen koodiksi, toisin sanoen älykäs sopimus, voi tuottaa uuden markkinan tai markkinakasvua. (Stenfors 2017, s. 70–71.)

Aloitettuja ja suunniteltuja projekteja liittyen lohkoketjujen hyödyntämiseen IoT-laitteisiin sekä älykkäisiin sopimuksiin ovat esimerkiksi kiinteistöhuollon automatisointi ja hallinnointi, laitteiden väliset maksut, turvallisuus ja vartiointi sekä yksityistalouksien aurinkoenergian myynti (Stenfors 2017, s. 71). Lisäksi IBM ja Samsung ovat alkaneet yhdessä kehittää lohkoketjuteknologiaan perustuvaa esineiden internetin arkkitehtuuria, jossa esimerkiksi verkkoon kytketyt laitteet voisivat käydä kauppaa toiminnallaan. Esimerkkinä ratkaisusta on pyykinpesukone, joka neuvottelee itsenäisesti pesuaine- ja huoltotilauksensa. (Latvala et al. 2017, s. 13; Paukku 2017; Halunen et al. 2016.) Laajemmassa mittakaavassa älykkäät kontit voisivat optimoida itselleen parhaan reitin automaattisesti. Reitin valintaan vaikuttaisivat esimerkiksi tuotteiden kiireellisyyden sekä kuljetushintojen reaaliaikaiset neuvottelut. (Latvala et al. 2017, s. 13.) Suomessa Kouvolan kaupunki onkin lähtenyt mukaan hankkeeseen, jonka tarkoituksena on rakentaa lohkoketjuteknologian avulla junarahdin älykäästä seurantaa (Paukku 2017).

Kolmannen näkökulman muodostavat disruptiiviset prosessit, jotka esimerkiksi muokkaavat olemassa olevia rakenteita ja luovat uusia käytäntöjä. Avoimessa vertaisverkossa toimivat lohkoketjuteknologian sovellukset voivat aiheuttaa suurimpia muutoksia, sillä kyseiset sovellukset voivat haastaa nykyisen alustatalouden suuria sovelluksia. Esimerkiksi Ujo Music kehittää lohkoketjuteknologiaa hyödyntävää ratkaisua, joka voi haastaa iTunesin. (Stenfors 2017, s. 71–72.) Ujo Musicin tavoitteena on kehittää musiikin nettijakopalvelu, jossa musiikkibisnes on läpinäkyvämpää. Musiikin ostaja voi nähdä palvelusta suoraan, minne tai kenelle musiikista maksettu korvaus menee. Tarkoituksena onkin ratkaista musiikin lisensoinnin ja lisenssimaksujen hallintaan liittyviä ongelmia poistamalla prosessista ylimääräiset välikädet. (Lahti 2016; Pekari 2016.)

Tässä diplomityössä keskitytään sellaisiin lohkoketjuteknologian sovelluksiin, joissa teknologiaa on käytetty tai sen käyttöä on tutkittu ja suunniteltu kiinteistöjärjestelmän kannalta mielenkiintoisiin kohteisiin. Näitä ovat esimerkiksi kiinteistön transaktioprosessiin, maanhallintaan sekä kiinteistöjen omistustietojen rekisteröintiin liittyvät sovellukset, joita esitellään seuraavissa alaluvuissa. Käytännössä nämä kiinteistöjärjestelmän kannalta kiinnostavat projektit sijoittuvat edellä esitellyistä näkökulmista pääosin ensimmäiseen näkökulmaan, ja älykkäiden sopimusten osalta myös toiseen näkökulmaan. Ensimmäisen näkökulman kolmas alue sisältää omistuksen ja rekisterit, kuten kiinteistönomistukseen liittyvät kirjaukset ja omistusten vaihdot.

4.2 Lohkoketjujen hyödyntämisessä huomioitavia asioita

Mattila et al. (2016, s. 14–15) ovat tutkineet, millaisten kriteerien tulee täytyä, jotta lohkoketjuteknologian hyödyntämistä voitaisiin suunnitella johonkin tiettyyn käyttötarkoitukseen. Ensimmäinen näistä vaatimuksista on se, että mahdollisessa käyttötapauksessa on tarve tietokannalle, joka on jaettu usean osapuolen kesken. Vaatimus johtuu siitä, että lohkoketjuteknologia perustuu vertaisverkkorakenteeseen, joten sillä ei ole soveltuvuutta keskitetyssä tietokantarakenteessa. Toisena vaatimuksena on tarve mahdollistaa se, että monet käyttäjät voivat tehdä tietokantaan muokkauksia samanaikaisesti. Onkin tärkeä selvittää, kuinka monen osapuolen täytyy päästä tekemään muokkauksia yhtä aikaa. Mikäli samanaikaisille muokkauksille ei ole tarvetta, keskitetty tietokanta tai tavanomainen tiedostojen tallentamismenetelmä on yleensä riittävä.

Kolmas selvitettävä asia lohkoketjujen potentiaalista käyttötarkoitusta pohtiessa on se, miten tietokannan sisältöä koskevaa konsensusta ylläpidetään. Mikäli usean tahon tulee voida muokata tietokantaa yhtä aikaa edellisen vaatimuksen mukaisesti, muokkaukset voivat välillä olla ainakin osittain päällekkäisiä. Kyseisessä tilanteessa päällekkäiset muokkaukset tulee voida yhtenäistää, sillä muuten samasta tietokannasta kehittyy useita eri versioita. Lohkoketjuteknologia soveltuukin hyvin hajautettuihin tietokantoihin, joissa tapahtumista täytyy ylläpitää yhtä oikeaa versiota. Mikäli tämänkaltaista kontrollia ei tarvita, lohkoketjuteknologia ei todennäköisesti ole paras ratkaisu kyseiseen käyttötarkoitukseen. Neljäntenä vaatimuksena puolestaan on tarve muokkausten väliselle vuorovaikutukselle. Lohkoketjuteknologia ei ole välttämättä paras vaihtoehto, jos jaetun tietokannan datan välillä ei tarvita vuorovaikutusta, ja jos eri osapuolten tietokantaan tekemät muokkaukset eivät ole millään tavalla toisistaan riippuvaisia tai vaikuta toisiinsa. (Mattila et al. 2016, s. 15–16.)

Viides selvitettävä ominaisuus liittyy luottamuksen puutteeseen. Tilanne voi olla esimerkiksi se, että jokin osapuoli voisi hyötyä datan poistamisesta tai väärentämisestä, tai vaihtoehtoisesti nykyisessä järjestelmässä on mahdollisuus siihen, että jokin osapuoli voi tietämättään muokata tai poistaa sieltä toisille osapuolille tärkeää dataa. Lohkoketjuteknologia sopiikin hyvin tilanteisiin, joissa tarvitaan yhteisiä sääntöjä esimerkiksi siihen, milloin tietty osapuoli voi muokata jotain osaa hajautetun tietokannan datasta. Usein edellä mainittuihin kriteereihin voidaan vastata käyttämällä luotettavaa välikättä, joka ylläpitää yhteistä tietokantaa. Viimeinen kriteeri liittyykin siihen, että luotettavaan välikäteen turvautuminen ei ole syystä tai toisesta järkevää. Välikäden käyttö ei ole välttämättä kaikissa tapauksissa edes mahdollista, tai se ei ole toivottavaa esimerkiksi korkeiden palvelukustannusten vuoksi. Kyseiseen tilanteeseen lohkoketjuteknologia voi tarjota ratkaisun. (Mattila et al. 2016, s. 17.)

4.3 Kiinteistöjärjestelmän rekisterit ja maanhallinta

Tässä alaluvussa esitellään aiempien tutkimusten perusteella lohkoketjuteknologian mahdollista hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien ylläpitoon sekä maanhallintaan. Ensin käydään läpi nykyisten järjestelmien ongelmat erityisesti kehittyvissä maissa, minkä jälkeen esitellään lohkoketjuteknologian mahdollisesti tuomia muutoksia rekisterinpitoon. Sen jälkeen käsitellään rekisterinpitoon liittyviä haasteita ja lohkoketjuteknologian suhtautumista näihin haasteisiin. Lopuksi käydään läpi muutamia asioita, jotka tulee huomioida lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan.

4.3.1 Nykyisten järjestelmien ongelmat kehittyvissä maissa

Maanhallintajärjestelmät ovat monissa kehittyvissä maissa valitettavan huonoja. Katasterijärjestelmiä ja kiinteistöihin kohdistuvien oikeuksien rekistereitä on kallista kehittää ja ne vaativat myös melko kallista teknologiaa sekä ylläpitoa. Teknisten haasteiden lisäksi esimerkiksi heikko hallinto sekä ajatus modernista, helppopääsyisestä järjestelmästä voi aiheuttaa pelkoa ja epäilystä uusia järjestelmiä kohtaan. Näiden haasteiden vuoksi onkin arvioitu, että maailmanlaajuisesti jopa 70–80 % erilaisista maapalstoista tai niiden omistusoikeuksista on rekisteröimättä mihinkään kansalliseen järjestelmään. (Anand et al. 2015, s. 2–3.) Köyhillä alueilla osuus voi olla erittäin suuri, sillä esimerkiksi Afrikan maaseuduilla on arvioitu jopa 90 % maasta olevan dokumentoimatta tai rekisteröimättä (Kshetri 2017, s. 1712).

Ilman rekistereitä ei ole laillista todistaa omistusoikeuksista, ja tästä aiheutuu puolestaan mahdollisuus sille, etteivät kansalaisten oikeudet ole turvattuja. Rekistereiden puute voi vaikuttaa negatiivisesti myös maan investointeihin, mikäli esimerkiksi hallitus ja yritykset haluaisivat ostaa maata, mutta eivät saa selville kenen omistuksessa se tällä hetkellä on. (Anand et al. 2015, s. 8.) Kiinteistöjen omistusoikeuksien rekisteröinti kehittyvissä maissa kannustaa investoimaan sekä tarjoaa resursseja ja näin ollen mahdollisuuksia päästä pois köyhyyden loukusta. Selkeät omistusoikeudet auttavat yrittäjiä, sillä niitä voi esimerkiksi käyttää vakuutena ja tällä tavoin kasvattaa pääomaa. (Kshetri 2017, s. 1712.) Rekisteröinnin hyötyjen tiedostamisen lisäksi ihmiset tulisi saada hyväksymään rekisteröintiprosessi itsessään, sillä monissa maissa se herättää vastustusta esimerkiksi vaivalloisen prosessin sekä kalliin hinnan vuoksi. On jopa todettu, että vuonna 2011 maanhallinta oli toiseksi korruptoitunein sektori maailmassa. (Anand et al. 2015, s. 8.) Korruptiota on aiheuttanut heikko hallinto, ja korruption taso on vaihdellut pienistä lahjuksista jopa julkisen vallan väärinkäyttöön niin kansallisella kuin paikallisellakin tasolla (Kshetri 2017, s. 1712).

Lohkoketjuteknologian yhtenä mahdollisuutena on alentaa kustannuksia esimerkiksi vähentämällä kolmansien osapuolien, kuten pankkien ja valtiohallinnollisten organisaatioiden tarvetta. Kehittyneissä ja hyvin toimivissa kiinteistöjärjestelmissä käytetään luotettuja kolmansia osapuolia esimerkiksi kiinteistön omistusoikeuden siirtotilanteessa. Tällä tavalla varmistetaan prosessien laillisuus ja oikeudenmukaisuus. Onkin vielä kyseenalaista ja epävarmaa, voiko lohkoketjuteknologian avulla suoriutua prosessista yhtä hyvin tai jopa korvata hyvin toimivia kiinteistöjärjestelmän rekistereitä. Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen saattaa olla tarpeellisempaa ja tilanteeseen sopivampaa maissa, joissa ei ole tarpeeksi luotettavaa järjestelmää. Tämän vuoksi lohkoketjujen soveltamista on tutkittu esimerkiksi Hondurasissa ja Ghanassa, joiden tilanteet esitellään myöhemmin. (Vos 2016, s. 3.)

4.3.2 Lohkoketjuteknologian mahdollisesti tuomat muutokset

Lohkoketjuteknologia tarjoaa uuden tavan rekisterinpittoon esimerkiksi rekisteröitävän tiedon luotettavuuden ja saatavuuden osalta. Vos (2016, s. 5) on tarkastellut lohkoketjujen ominaisuuksia yleisesti kiinteistöjärjestelmän rekisterien näkökulmasta. Ensinnäkin, lohkoketjuja käytetään jaetussa tietokannassa, jota ylläpitävät useat eri tahot. Nykyään kiinteistöjärjestelmän rekistereissä käytetään yleensä yhtä tietokantaa, ja siitä voidaan pitää varmuuskopioita. Lohkoketjuteknologian avulla voidaan esimerkiksi tarkistaa ketjuun lisättävän tapahtuman pätevyys, kun taas nykyisissä järjestelmissä rekisterinpitäjä tekee sen. Teknologian avulla voidaan myös jäljittää dokumentteja ja transaktioita aikaleimojen avulla, eikä edes tietojen lisääjä voi muuttaa tietoja sen jälkeen, kun ne on tallennettu lohkoketjuun.

Vos (2016, s. 10–11) toteaa, että nykyisiin kiinteistöjärjestelmän rekistereihin verrattuna lohkoketjuteknologia saattaa tarjota lisävarmuutta rekisterinpitoon. Teknologia mahdollistaa lukuisat varmuuskopiot hajautetun rakenteensa avulla, ja se voi tuoda varmuutta erityisesti tilanteissa, joissa nykyiseen rekisterinpitäjään ei luoteta täysin. Transaktioiden väliset riippuvuudet takaavat myös sen, ettei kiinteistöä tai maata voi myydä kukaan muu kuin sen oikea omistaja. Lohkoketjujen avulla omistusoikeuden tarkistus voitaisiin automatisoida, kun nykyisissä kiinteistöjärjestelmissä rekistereistä vastaava viranomainen yleensä hoitaa tarkistukset. Ainoa mahdollisuus väärän henkilön tekemälle kaupalle on tilanne, jossa joku muu käyttää oikean omistajan yksityistä avainta, jota tarvitaan omistusoikeuden siirtoon. Kuten jo aiemmin todettu, väärinkäytön mahdollisuutta voidaan kuitenkin vähentää erilaisien varmuuskopioiden ja useampien tunnistautumismenetelmien avulla.

Lohkoketjuteknologian avulla rekisterijärjestelmästä onkin mahdollista tehdä läpinäkyvä hallinnollinen työkalu. Teknologia voi myös auttaa esimerkiksi luonnonkatastrofien uha- tessa, sillä hajautetun rakenteen vuoksi järjestelmän ei tarvitse luottaa keskitettyyn datakes- kukseen tai paperisiin sopimuksiin. Lisäksi lohkoketjuteknologia voisi turvata osapuolten oikeuksia esimerkiksi silloin, kun yhdellä kiinteistöllä on monta omistajaa. Tällöin transak- tiotilanteessa sopimuksen allekirjoittamiseen voitaisiin vaatia jokaiselta osapuolelta yksityi- nen avain, joten esimerkiksi kiinteistöä ei voitaisi myydä ilman kaikkien omistajien suostu- musta. Tämä olisi hyvä uudistus monissa kehittyvissä maissa, sillä joskus esimerkiksi avio- miehet myyvät kiinteistöjä ilman vaimojensa suostumusta, vaikka kiinteistö olisikin yhteis- omistuksessa. Tällöin turvattaisiin myös naisten oikeudet kiinteistökaupassa. (Anand et al. 2015, s. 3 & 9.)

4.3.3 Rekisterinpitoon liittyvät haasteet

Kiinteistöjärjestelmän rekisterinpidon sanotaan olevan onnistunut silloin, kun kaikki osa- puolet, kuten kiinteistön omistajat, pankit ja välittäjät, luottavat järjestelmään. Monissa ke- hittyvissä maissa kansalaiset eivät luota rekistereihin ja niitä ylläpitävään tahoon esimerkiksi korruption tai huonolaatuisen järjestelmän vuoksi. (Vos 2016, s. 12.) Joissain tapauksissa on kuitenkin kyseenalaista, voiko lohkoketjuteknologia auttaa luotettavan rekisterijärjestelmän luomisessa. Lohkoketjuteknologia voi tuoda apua edellä mainittuihin ongelmiin, mutta se ei kuitenkaan ratkaise näiden maiden ensisijaisia rekisterinpidon haasteita. Ensisijaiset haasteet voivat liittyä esimerkiksi kiinteistöjen perustietojen, niihin liittyvien oikeuksien ja rajoitus- ten sekä kansalaisten tietojen keräämiseen ja niiden tallentamiseen digitaaliseen järjestel- mään. (Anand et al 2015, s. 3.) Mikään ei myöskään estä korruptoituneita rekisterinpitäjiä tai muita osapuolia syöttämästä väärennettyä dataa lohkoketjuun (The Economist 2017). Näin ollen perusrekisterien ylläpidon tulee olla pääosin kunnossa, jotta teknologiasta olisi hyötyä. Tällöin teknologia lisäisi järjestelmien ja tallennettujen tietojen turvallisuutta sekä kehittäisi hallintoa ja tietojärjestelmiä. Usein kehittyvissä maissa kiinteistöjärjestelmien tu- lisi myös olla halpoja ja nopeita ratkaisuja, jotka on suunniteltu kohtaamaan kansalaisten tarpeet. Lohkoketjuteknologia ei tarjoakaan suoraa ratkaisua poliittisiin heikkouksiin tai kor- ruption, mutta näissä maissa ongelmiin voisi auttaa ylipäättään kiinteistötietojen rekiste- röinti lohkoketjuteknologiaan tai johonkin muuhun tarkoitukseen sopivaan tekniikkaan pe- rustuvaan järjestelmään. (Anand et al 2015, s. 3; Vos 2016, s. 18.)

Vos (2016, s. 21–22) toteaa, että lohkoketjun ensimmäisen lohkon (engl. genesis block) si- sällöstä tulee olla ainakin jonkinlainen yhteisymmärrys ketjun osapuolten kesken. Julkisten rekistereiden osalta tämä tarkoittaa sitä, että nykyisestä tilanteesta tulee päästä yhteisymmär- rykseen. Näyttääkin siltä, että tällä hetkellä hyvin toimivat kiinteistöjärjestelmät ja niiden

rekisterit sopisivat paremmin lohkoketjuteknologian sovelluskohteeksi. Teknologian hyödyntäminen voi olla hankalampaa niissä maissa ja tilanteissa, joissa rekisterit eivät ole vielä täysin kunnossa tai rekisteröintiä ei ole edes aloitettu. Näissä tapauksissa lohkoketjuja voisikin hyödyntää vain rekisteröityjen kohteiden osalta. Tämä taas ei ratkaise rekisterinpidon perimmäisiä ongelmia, kuten aiemmin esiteltiin. Näin ollen lohkoketjuteknologia vaikuttaa soveltuvan parhaiten rekisterinpitoon sellaisissa tilanteissa, joissa sitä ei välttämättä ensimmäisenä tarvittaisi. Tällä hetkellä huonommin toimivissa rekistereissä tuleekin ensin pohtia rekisterinpidon perimmäisiä haasteita ja niiden ratkaisemista ennen kuin lohkoketjujen hyödyntäminen on kannattavaa.

4.3.4 Rekisterinpidossa huomioitavat asiat

Mikäli päädyttäisiin kehittämään kiinteistöjärjestelmän rekistereitä lohkoketjuteknologian avulla, tulee Vosin (2016, s. 16) mukaan ratkaista muutamia järjestelmän hallintoon liittyviä kysymyksiä. Ensimmäisenä on ratkaistava se, kenen tehtävä on suunnitella ja ylläpitää lohkoketjujen avulla toimivaa rekisteriä. Näin ollen on selvitetävä, voitaisiinko tämä toteuttaa esimerkiksi yhteiskunnan avulla, vai tarvitaanko siihen jokin instituutti, kuten rekisterivirasto. Tämän jälkeen tulee ratkaista, tehdäänkö toteutettavasta lohkoketjusta esimerkiksi yksityinen vai julkinen. Yksityisen lohkoketjun tapauksessa tulee selvittää myös, hallinnoiko ketjua vain yksi taho, vai olisiko hallinnoinnissa mukana myös muutama muu osapuoli. Vos (2016, s. 19) kutsuu useamman osapuolen hallinnoimaa ketjua hybridilohkoketjuksi. Tässä diplomityössä sekä yhden että useamman tahon hallitsemat lohkoketjut luokitellaan kuitenkin yksityisiin ketjuihin, sillä niissä ketjun toimintaan osallistuvat tahot on rajattu ja määriteltä erikseen toisin kuin julkisissa lohkoketjuissa.

Vain yhden tahon hallinnoima, täysin yksityinen lohkoketju ohittaa lohkoketjuteknologian perustana olevan hajautetun luottamuksen luomisen jaettujen tietokantojen avulla. Toisaalta yksityisessä ketjussa tapahtumien vahvistaminen on melko helppoa solmujen vähäisen määrän vuoksi, ja kovin monimutkaisia konsensusmekanismeja ei tarvita. Lohkoketjujärjestelmiin on mahdollista tehdä käyttö-, muokkaus- ja lukuoikeuksiin liittyviä rajoituksia. Täysin yksityisessä lohkoketjussa esimerkiksi muokkausoikeudet voidaan antaa yhdelle organisaatiolle, kuten rekistereitä hallinnoivalle taholle, ja lukuoikeudet voidaan pitää yksityisenä tai julkisena. Täysin yksityisen lohkoketjun kehittäminen rekisterinpidon tarpeisiin ei välttämättä tuo paljoakaan lisäarvoa nykyisiin järjestelmiin verrattuna. Myös esimerkiksi rekisterin riski tulla hakkeroiduksi on samalla tasolla kuin perinteisissä keskitetyissä järjestelmissä. (Vos 2016, s. 17.)

Useamman osapuolen hallinnoimassa yksityisessä lohkoketjussa puolestaan voisi olla roolit esimerkiksi rekisteriviranomaiselle ja muille, jotka tuottavat virallisia dokumentteja rekistereihin tallennettavaksi. Eri osapuolten ja sidosryhmien roolit lohkoketjun ylläpidossa tulee kuitenkin harkita tarkkaan, jotta prosessista saadaan mahdollisimman sujuva ja että se tarjoaa tarpeeksi hyötyjä aiempiin ratkaisuihin verrattuna. Lohkoketjun tietoihin voidaan antaa julkinen lukuoikeus maan lainsäädännöstä riippuen. Niin useamman kuin yhden tahon ylläpitämän yksityisen lohkoketjun etuna on se, että solmujen vähäisen määrän vuoksi transaktiokustannukset voivat olla pienempiä julkiseen ketjuun verrattuna. (Vos 2016, s. 19–20.)

Mikäli kiinteistöjärjestelmään liittyvät rekisterit toteutettaisiin julkisen lohkoketjun avulla, periaatteessa kuka vaan voi päästä lukemaan lohkoketjun sisältöä. Julkisiinkin lohkoketjuihin on kuitenkin mahdollista tehdä esimerkiksi lukuoikeuksia tietyille osapuolille, eikä kai-

ken informaation täydy olla koko maailman saatavilla. Avoimessa verkossa toimivan julkisen lohkoketjun varmentamiseen eli konsensusprosessiin voi osallistua kuka vaan, mutta lohkoketjun varmentamiseen voidaan myös vaatia lupa. Lisäksi on mahdollista määritellä, millaiset transaktiot ja tiedot, kuten tietyn kiinteistön nykyiset omistussuhteet, lohkoketjuun lisätään. Julkisen lohkoketjun vahvuutena on se, etteivät sen kehittäjätäkään voi tehdä muutoksia itse ketjuun. Tämä lisää luotettavuutta myös lohkoketjun käyttäjien näkökulmasta. Sekä julkisessa että useamman tahon ylläpitämässä yksityisessä lohkoketjussa tulee pohtia, miten transaktioita varmentavia tahoja palkitaan prosessiin osallistumisesta. Bitcoin-verkossa louhijat saavat palkkioksi bitcoineja, joten jonkinlainen kannustinmekanismi voi tulla kyseeseen myös rekisterinpidon tapauksessa. (Vos 2016, s. 18–20.)

Toteutettavan lohkoketjun tyyppin lisäksi tulee päättää, mitä lohkoketjuun oikeastaan varastoidaan. On pohdittava, onko tallennettava data esimerkiksi varsinainen transaktio vai koko sopimus. Lohkoilla on kuitenkin maksimikokonsa, joten tällä hetkellä voi olla haastavaa tallentaa kaikkia alkuperäisiä sopimuksia lohkoihin. Sopimuksista voidaan kuitenkin laskea tiivisteet, jotka tilan säästämiseksi tallennetaan lohkoon alkuperäisen sopimuksen sijaan. Tällöin tiivistettyä vastaava alkuperäinen sopimus tulee kuitenkin tallentaa jonnekin turvalliseen paikkaan, kuten esimerkiksi perinteiseen järjestelmään. Tiiviste takaa yhdistettävyyden alkuperäiseen dokumenttiin, mutta dokumentin tallentaminen perinteiselle palvelimelle sisältää edelleen nykyisen järjestelmän kaltaisen riskin dokumentin katoamiselle. (Vos 2016, s. 23.)

4.4 Ruotsi

Ruotsissa on meneillään projekti, jossa tutkitaan lohkoketjuteknologian käyttöä kiinteistöjen kaupan prosessissa. Projektissa ovat osallisena Lantmäterietin eli Ruotsin maanmittauslaitoksen lisäksi pankkeja (Landshypotek Bank ja SBAB), teleoperaattori (Telia Company), konsulttifirma (Kairos Future) sekä lohkoketjuteknologiaan erikoistunut yritys (ChromaWay). Projektin ensimmäinen osa saatiin päätökseen kesäkuussa 2016, ja toinen osa maaliskuussa 2017. Ensimmäisessä osassa tutkittiin teoreettisemmin lohkoketjujen käytön mahdollisuutta kiinteistökaupassa, ja toisessa osassa kehitettiin myös tekninen demo, joka havainnollistaa asiaa. Demon avulla teknologiaa voidaan testata ja siitä voidaan havaita esimerkiksi mahdolliset heikkoudet. (Kempe 2017, s. 2 & 10.) Seuraavissa alaluvuissa esitellään Ruotsin kiinteistökaupan nykyinen prosessi ja siinä havaitut ongelmat. Tämän jälkeen käydään läpi projektin aikana kehitetyn ratkaisun toteutus ja toiminta käytännössä. Lisäksi esitellään ratkaisun aiheuttamat hyödyt, mahdolliset haasteet ja ratkaistavat kysymykset sekä projektin seuraavat vaiheet.

4.4.1 Nykyinen prosessi ja sen ongelmat

Projektista tehdyssä raportissa esitellään Ruotsin nykyisen kiinteistökaupan prosessin lukuisat eri vaiheet, joista muutama käydään läpi seuraavaksi. Esimerkiksi prosessin alussa kiinteistön omistaja sekä kiinteistönvälittäjä laativat välitystä koskevan sopimuksen, ja välittäjä tilaa Lantmäterietiltä otteen kiinteistöä koskevista tiedoista ja tarkistaa ne. Kun sopiva ostaja muutaman vaiheen jälkeen löytyy, myös ostajan pankki usein tarkistaa kiinteistön tiedot rekistereistä lainan myöntämistä varten. Myyjä ja ostaja allekirjoittavat ostosopimuksen (engl. purchasing contract) kiinteistönvälittäjän ollessa läsnä, osapuolille otetaan sopimuksesta kopiot ja yksi kopio lähetetään myös ostajan pankille, usein perinteisessä kirjepostissa. Myös ostaja ja pankki lähettävät usein lainaan liittyviä dokumentteja toisilleen postitse. (Kempe 2017, s. 40–41.)

Varsinainen kauppakirja (engl. bill of sale) allekirjoitetaan nykyisessä prosessissa muutaman kuukauden kuluttua siitä, kun ostosopimukset on allekirjoitettu. Ostaja ja myyjä allekirjoittavat kauppakirjan esimerkiksi kiinteistönvälittäjän toimistossa, mitä ennen välittäjä on vielä kertaalleen varmistanut Lantmäterietin rekistereistä, ettei kaupalle ole mitään esteitä. Sopimuksesta otetaan kopiot ostajalle, myyjälle, välittäjälle sekä ostajan pankille, ja osapuolet säilyttävät kopiota arkistoissaan. Kauppakirjan allekirjoittamisen jälkeen omistusoikeus siirretään ja lopullinen maksu maksetaan. Kun kaikki kiinteistökaupan vaiheet kiinnityksiä ja panttikirjojen siirtymistä myöten on suoritettu oikein, Lantmäteriet myöntää ostajalle kiinteistön omistusoikeuden ja se rekisteröidään kiinteistörekisteriin. Lantmäteriet tiedottaa omistusoikeuden siirtymisestä usein postitse. (Kempe 2017, s. 42–43.)

Raportissa havaittiin Ruotsin nykyisessä kiinteistökaupan prosessissa muutama keskeinen ongelma. Ensinnäkin, Lantmäteriet osallistuu prosessiin vasta melko lopussa, joten suurin osa prosessista ei ole nähtävillä julkisesti tai edes sidosryhmille. Lantmäteriet on toimijoista luotettavin, joten jos se osallistuisi prosessiin jo aiemmin, prosessin luotettavuus ja läpinäkyvyys lisääntyisi. Toiseksi, kiinteistökaupan rekisteröinti on hidasta, eli sitovan ostosopimuksen allekirjoittamisesta saattaa kestää kolmesta kuuteen kuukautta siihen, että Lantmäteriet saa kauppakirjan ja vahvistaa omistusoikeuden siirtymisen. Nämä ongelmat johtuvat esimerkiksi eri osapuolten monimutkaisista prosesseista, jotka aiheuttavat tehottomuutta. Kiinteistökaupassa transaktioiden arvo on suuri, joten prosessien avulla pyritään varmistamaan, ettei mikään mene väärin. (Kempe 2017, s. 15 & 43–44.)

Kolmas projektin aikana huomattu ongelma on se, että monia dokumentteja allekirjoitetaan ja lähetetään perinteisessä kirjepostissa. Ostosopimusta varten voidaan tarvita monia allekirjoituksia erilaisiin papereihin, joten siihen kuluu aikaa niin ostajalla, myyjällä kuin välittäjälläkin. Myös inhimillisten virheiden mahdollisuus on olemassa manuaalisessa prosessissa. Lain mukaan joitain dokumentteja tulee myös säilyttää kymmenen vuotta, joten ne tarvitsevat fyysistä säilytystilaa, ja niistä tiedon etsiminen vie aikaa. (Kempe 2017, s. 43–44.)

4.4.2 Ratkaisun toteutus

Projektin toisessa osassa toteutettiin testialusta, joka sisältää yksityisen lohkoketjun, jota voi käyttää joukko yksityisiä tai julkisia tahoja. Alusta sisältää myös mobiililaitteeseen ladattavan sovelluksen, jonka avulla voidaan hallinnoida lohkoketjuun tallennettavia sopimuksia. Teknologiaa kutsutaan myös älykkäiksi sopimuksiksi, sillä niihin on ohjelmoitu vahvistamiseen liittyvät prosessit. Lantmäteriet säilyttää lohkoketjua ja sen tallenteita, mutta myös muut kiinteistökaupan prosessiin osallistuvat toimijat säilyttävät ja varmentavat ketjua. Tällä tavoin muutkin toimijat kuten pankit, ostajat, myyjät sekä kiinteistönvälittäjät voivat helposti osallistua lohkoketjun tapahtumien tarkistamiseen ja varmentamiseen. Testialustan tarkoituksena on varmistaa teknologian toiminta ja löytää esimerkiksi mahdollisia juridisia, teknisiä tai turvallisuuteen liittyviä asioita, jotka tulee huomioida ennen sovelluksen julkaisemista. (Kempe 2017, s. 3–4.)

Ratkaisun testaamista varten tehtyä sovellusta voidaan käyttää kiinteistökaupan prosessin eri vaiheissa, ja näin ollen voidaan nopeuttaa perinteistä prosessia. Esimerkiksi alussa, kun kiinteistön omistaja haluaa myydä kiinteistön, hän voi älypuhelimella tunnistautumalla itse tarkistaa sovelluksesta, ettei myynnille ole esteitä. Myyjä voi tämän jälkeen ottaa yhteyttä kiinteistönvälittäjään sovelluksen kautta, ja välittäjä voi hyväksyä välityspyynnön sovelluksessa. Sovelluksesta voi tarkistaa omistussuhteet suoraan, eli välittäjän ei enää tarvitse ottaa

yhteyttä Lantmäterietiin halutessaan varmistaa esimerkiksi sen, että myyjä on kiinteistön oikea omistaja. Myös ostajan pankille voidaan antaa käyttöoikeus sovellukseen, jotta pankki voi tarkistaa tarvitsemansa tiedot kiinteistöstä suoraan sieltä. Nykyisessä prosessissa pankkien lisäksi myös kiinteistönvälittäjä tarkistaa useammassakin kohtaa kauppaan vaikuttavia asioita Lantmäterietin tiedoista, mutta uudessa ratkaisussa nämä tiedot ovat saatavilla sovelluksesta. (Kempe 2017, s. 45–47.)

Ostaja voi allekirjoittaa lainaan liittyvät dokumentit sovelluksessa, eikä niitä enää tarvitse lähettää pankille kirjepostissa, sillä pankki saa digitaalisesti allekirjoitetusta sopimuksesta kopion sovelluksen kautta. Sovelluksessa lainaan liittyvät dokumentit on mahdollista laittaa näkyville vain ostajalle sekä ostajan pankille. Myös ostaja ja myyjä allekirjoittavat kiinteistön kauppakirjan sovelluksessa, joten heidän ei enää tarvitse olla fyysisesti samassa paikassa sopimuksentekohetkellä. Allekirjoitettu sopimus on saatavilla sovelluksesta, joten ostajan, myyjän, välittäjän sekä pankkien ei tarvitse enää säilyttää paperisia kopioita. Tarvittaessa sellaisen voi kuitenkin tulostaa, ja kopiolla on myös vahvistuskoodi, joka tallennetaan lohkoketjuun. Kun kaikki kiinteistökaupan vaiheet kiinnityksiä ja panttikirjojen siirtymistä myöten on suoritettu sovelluksessa oikein, kiinteistön omistusoikeus siirtyy ostajalle. Automatisoitujen vaiheiden avulla prosessista tulee huomattavasti nopeampi, ja virheiden mahdollisuus on manuaalista prosessia pienempi. (Kempe 2017, s. 48–53.)

Kiinteistökaupassa tärkeät osapuolet ovat ostajan ja myyjän lisäksi molempien pankit, kiinteistönvälittäjä sekä Ruotsissa Lantmäteriet. Ratkaisussa osapuolet on jaettu kolmeen eri pääryhmään, joita ovat loppukäyttäjät, ammattimaiset käyttäjät sekä sopimusten hallinnoijat. Näille erilaisille käyttäjille on suunniteltu sovellukseen erilaiset käyttöliittymät. Loppukäyttäjät ovat tyypillisesti kiinteistön ostaja ja myyjä. Heidän on tarkoitus käyttää kehitettyä sovellusta kiinteistökaupassa, ja tarvittaessa kiinteistönvälittäjä voi avustaa sen käytössä. Loppukäyttäjät näkevät sovelluksesta esimerkiksi sopimuksen tilan sekä sen, milloin on heidän vuoronsa osallistua prosessiin. Ammattimaisia käyttäjiä puolestaan ovat pankit, välittäjät ja Lantmäteriet. He näkevät sopimukset ammattimaisesta näkökulmasta, ja sovelluksen toiminta pyritään yhtenäistämään näiden toimijoiden omien järjestelmien kanssa. Yleensä ammattimaiset käyttäjät edustavat prosessissa organisaatiotaan eivätkä itseään. Sopimusten hallinnoijia puolestaan ovat Lantmäteriet sekä käytettävän ratkaisun suunnittelijat. Nämä käyttäjät esimerkiksi ylläpitävät sopimuksia muita käyttäjiä varten. (Kempe 2017, s. 60–61.)

Ratkaisussa Lantmäterietin tietokanta säilyy koskemattomana. Lohkoketjusta haetaan kiinteistörekisteriin tehtävät päivitykset, ja näin ollen myös Lantmäteriet tarkistaa ne. Lohkoketjuun tallentaminen tapahtuu digitaalisesti kiinteistökauppaa koskevan lainsäädännön puitteissa. Käytettävä lohkoketju on lähdekoodiltaan avoin, ja Lantmäterietin lisäksi muut ketjua ylläpitävät solmut tarkistavat lohkoketjuun tallennettavat tiedot. Lohkoketjuun tallennetaan dokumenttien, kuten ostosopimuksen ja kauppakirjan varmennustallenteet (engl. verification record). Näillä tallenteilla tarkoitetaan aiemmissa luvuissa esiteltyjä tiivistettä, joita yleensä lohkoketjuteknologiaa käytettäessä tallennetaan lohkoketjuihin. Alkuperäiset dokumentit tiivistetään voidaan varastoida ulkoisen osapuolen avulla, tai sopimuksen kaikki osapuolet voivat säilyttää niitä digitaalisesti, jolloin tietoja säilytetään hajautetusti monessa paikassa. Dokumenttien julkisuus ratkaistaan siten, että Ruotsin lain mukaan julkiset rekisterit ja tiedot pidetään julkisina, ja lain mukaan luottamukselliset tiedot säilyvät luottamuksellisina. (Kempe 2017, s. 4 & 59.)

Lähes kaikissa käyttötapauksissa lohkoketjut eivät sisällä kaikkea tietoa, vaan esimerkiksi datasta lasketut tiivistet. Tällöin alkuperäiset dokumentit onkin varastoitava erikseen esimerkiksi pilveen, pankin tai jonkin muun osapuolen avulla. Julkisessa lohkoketjussa datan varastointi on pidettävä pienenä, jotta se ei hidasta prosesseja. Ruotsin tapauksessa kyse on kuitenkin huomattavasti pienemmästä varastoinnista kuin esimerkiksi Bitcoin-verkon tapauksessa. Näin ollen lohkoketjuun varastoitava data voi sisältää esimerkiksi sopimusten sisällöt, osapuolten välisen yksimielisyyden saavuttamiseen tarvittavan datan sekä osapuolten julkiset avaimet. On jopa mahdollista, että ostosopimukset ja kauppakirjat kokonaisuudessaan tallennettaisiin lopulta lohkoketjuun. Tietojen varastointi lohkoketjujen avulla säästäisikin paljon aikaa kaikilta osapuolilta, sillä konkreettisia arkistoja paperisille dokumenteille ei enää tarvittaisi. (Kempe 2017, s. 63–64.)

4.4.3 Hyödyt, haasteet ja projektin seuraavat vaiheet

Raportin mukaan lohkoketjuteknologia voisi tuoda ratkaisun esiteltyihin ongelmiin. Projektin ensimmäisessä osassa saatiin selville, että teoriassa transaktioprosessi voi nopeutua useasta kuukaudesta jopa vain muutamaan päivään. Lantmäteriet myös haluaa, että kansalaisten ja sidosryhmien on helppo toimia kiinteistökaupan prosessissa oikein, ja tämä on selvästi helpointa täysin digitaalisessa prosessissa. Järjestelmä esimerkiksi varmistaa sen, että kaikki lain vaatimat tiedot sisältyvät prosessiin. Teknologian avulla voidaan myös välttää väärinkäyttöä siten, että samaa kiinteistöä ei ole mahdollista myydä kahteen kertaan. Lisäksi digitaaliset allekirjoitukset lisäävät turvallisuutta, sillä niiden avulla voidaan varmistaa oikeiden henkilöiden osallistuminen prosessiin. Osapuolilta vaaditaan prosessin aikana useita digitaalisia allekirjoituksia, ja tällä tavalla pyritään lisäämään järjestelmän luotettavuutta entisestään. (Kempe 2016, s. 32.)

Lohkoketjuteknologiaa hyödyntävä ratkaisu poistaisi myös fyysisen varastoinnin tarpeen sekä tarpeen lähettää erilaisia paperisia dokumentteja postitse. Ratkaisussa kaikki osapuolet voivat säilyttää tiedostoja ja koko ketjun tapahtumien varmennustallenteita digitaalisesti. Tarvittaessa paperisia kopioita voi kuitenkin tulostaa. (Kempe 2016, s. 32.) Myös transaktioprosessista tulisi läpinäkyvämpi, ja projektin toisessa osassa huomattiin myös merkittäviä mahdollisuuksia kiinnitysprosessien kehittymiseen ja nopeutumiseen. Ratkaisun kokonaisarvoksi yhteiskunnalle ja sidosryhmille arvioitiin jopa yli 100 miljoonaa euroa vuodessa. (Kempe 2017, s. 16–17.)

Raportissa todettiin lohkoketjuteknologian olevan tällä hetkellä ainoa vaihtoehto, jonka avulla kiinteistökaupan prosessi voitaisiin digitalisoida Ruotsissa. Vielä ei ole esitetty muutaakaan keinoa, joka olisi yhtä luotettava ratkaisu digitaalisten sopimusten luomiseen ja varmentamiseen sekä niiden turvalliseen säilyttämiseen. Lohkoketjuteknologialla onkin kolme tärkeää vahvuutta, joita muilla aiemmilla teknologioilla ei ole ollut. Ensimmäinen näistä on se, että lohkoketjuteknologiaan perustuvassa järjestelmässä digitaalisia yksiköitä on mahdollista kopioida, sillä kaikista tapahtumista jää jälki. Tämän vuoksi lohkoketjuja käytetäänkin esimerkiksi bitcoinin taustalla, sillä näin voidaan olla varmoja siitä, ettei digitaalista rahaa voida kopioida ja käyttää uudelleen. Ominaisuus on tärkeä myös kiinteistökaupan digitalisoinnissa, jotta esimerkiksi kauppakirjoja ei saa kopioitua väärinkäytön nimissä. (Kempe 2017, s. 22–23.)

Toinen lohkoketjuteknologian tärkeä ominaisuus on se, että sen avulla tallennettuja tiedostoja ei voi peukaloida. Perinteisessä tietotekniikassa on usein se mahdollisuus, että tarpeeksi fiksit ohjelmistojen käsittelijät pääsevät muokkaamaan tiedostoja ja kirjanpitoa ilman, että

sitä havaitaan. Lohkoketjuteknologiaa käytettäessä tallennettavasta datasta lasketut tiivistet takavat sen, että tiedosto, rekisteri tai vaikkapa sopimus on alkuperäinen lohkoketjuun tallennettu versio. Kolmas tärkeä ominaisuus puolestaan on se, että lohkoketju varmistaa prosessin turvallisuuden. Kiinteistökaupan prosessissa onkin tärkeää, että kaupan osapuolet voivat luottaa prosessin oikeellisuuteen esimerkiksi sen osalta, että ostosopimus on allekirjoitettu hyväksyttävästi. Lohkoketjuissa tämä on mahdollista esimerkiksi transaktioiden tekemiseen tarvittavien tunnistautumismenetelmien avulla. (Kempe 2017, s. 24.)

Raportissa todetaan kuitenkin, että ratkaisuun liittyy myös muutamia haasteita. Henkilötietoja sisältävän datan yksityisyyden turvallisuuteen ja säätelyyn liittyy sen mukaan ongelmia minkä tahansa teknologian käytössä. Lohkoketjuteknologiassa suurimpana erona on kuitenkin se, että lohkoketjusta on erittäin vaikea poistaa tietoja, kun ne on sinne kerran tallennettu. Lisäksi kiinteistön omistusoikeuden väärinkäyttö on periaatteessa mahdollista, mikäli digitaalisen allekirjoituksen avulla tunnistautumiseen tarvittavat tiedot varastetaan tai unohdetaan. Tunnistautumisen turvallisuutta voidaan kuitenkin lisätä tiukemmilla vaatimuksilla, kuten valokuvilla, konkreettisilla henkilökorteilla tai sillä, että tunnistautumiseen vaaditaan useampi eri menetelmä. Tutkimuksessa analysoitiin myös teknisiä haasteita, mutta mitään kriittistä ei ole vielä löydetty. Keskitettyyn järjestelmään perustuvan ratkaisun todettiin olevan luultavasti lohkoketjuihin perustuvaa ratkaisua halvempi, mutta se tarjoaisi huomattavasti vähemmän turvallisuutta, eivätkä nykyiset prosessit kehittyisi kovinkaan paljoa. (Kempe 2017, s. 4 & 20–21.)

Juridisista kysymyksistä tärkeimmäksi havaittiin se, että milloin digitaaliset allekirjoitukset tulevat kelpaamaan kiinteistön kauppaan liittyvissä sopimuksissa (Kempe 2017, s. 20). Tähän liittyen on olemassa esimerkiksi EU:n asetuksia, joissa säädetään erilaisista sähköisen tunnistautumisen välineistä, kuten sähköisistä allekirjoituksista ja aikaleimoista. Esimerkiksi 1.7.2016 voimaan tulleen Eidas-asetuksen tavoitteena on mahdollistaa näiden välineiden käyttö EU:ssa, ja pyrkiä antamaan palveluntarjoajalle mahdollisuus osoittaa niiden luotettavuus. (Viestintävirasto 2016.) Ruotsissa Lantmäteriet saa jo suurimman osan kiinteistökauppoihin liittyvistä sopimuksista sähköisessä muodossa, ja vuonna 2016 sähköiset allekirjoitukset sallittiin asuntokauppojen sopimuksissa. Näin ollen digitaalisten sopimusten ja allekirjoitusten juridinen asema on vakiintumassa. (Kempe 2017, s. 20.)

Lohkoketjuteknologian avulla toteutettavan tietoteknisen ratkaisun kehittäminen kiinteistökauppoihin on pitkän tähtäimen projekti, joka on paras toteuttaa vaiheittain. Ruotsissa tilannetta ja mahdollisuuksia on kartoitettu laajalti ja niistä on raportoitu, ja lisäksi on toteutettu testialusta, jolla teknologiaa voidaan testata. Seuraavaksi onkin tarkoitus tarkastella ratkaisua ja vaatimuksia sen mahdollisen käytön aloittamiselle. Huomioonotettavat asiat liittyvät esimerkiksi teknisiin toimiin ja järjestelmien yhteensovittamiseen. Teknisistä asioista tulee huomioida esimerkiksi palvelimet, varastointi sekä lohkoketjua varmentavat solmut, kun testataan ja suunnitellaan toimivaa järjestelmää. Täytyy myös varmistaa, että uudet järjestelmät ja prosessit ovat yhteensopivia esimerkiksi pankkien ja kiinteistönvälittäjien olemassa olevien järjestelmien sekä kiinteistörekisterin kanssa. Näin varmistetaan se, että kiinteistökaupan osapuolet voivat osallistua prosessiin halutulla tavalla. Myös uusien tahojen ottaminen mukaan kehitysprosessiin tulee huomioida. Ruotsin projekti on herättänyt kiinnostusta kansainvälisesti niin julkisten kuin yksityisten tahojen osalta. Projektin toteuttajien tuleekin pohtia mahdollisten uusien toimijoiden hyödyntämistä projektin edetessä. (Kempe 2017, s. 70–71.)

4.5 Muita suunnitteilla olevia lohkoketjuhankkeita

Tässä alaluvussa käydään läpi muut kansainväliset, lohkoketjuteknologian hyödyntämiseen liittyvät suunnitelmat kiinteistöjärjestelmään ja maanhallintaan liittyen. Ensin esitellään Georgian, Hondurasin, Ghanan ja Intian lohkoketjuhankkeet, jotka liittyvät omistusoikeuksien rekisteröintiin. Sen jälkeen esitellään suunnitelmien tilanne Iso-Britanniassa, Ukrainassa ja Japanissa, minkä jälkeen käydään läpi kaupunkitasoiset suunnitelmat Brasiliassa, Rotterdamissa sekä Dubaissa. Suunnitteilla olevista hankkeista on huomioitu 10.10.2017 mennessä uutisoidut tapaukset, joten tässä tutkimuksessa ei käsitellä sen jälkeen mahdollisesti ilmaantuneita uusia sovelluskohteita tai päivityksiä liittyen esiteltyihin kohteisiin.

Georgian valtio on mukana pilottihankkeessa, jonka tarkoituksena on siirtää maan kiinteistörekisterijärjestelmä lohkoketjuun. Lohkoketjuteknologian avulla toteutettavan rekisterin tarkoituksena on turvata kansalaisten maanomistukseen kohdistuvat oikeudet sekä lisätä järjestelmän turvallisuutta ja oikeudenmukaisuutta. Mukana hanketta toteuttamassa on teknologiayritys BitFury Group. (The Economist 2017.) BitFuryn toimitusjohtaja toteaaakin, että lohkoketjuteknologialla on maanhallinnan kannalta kolme tärkeää ominaisuutta. Ensinnäkin, teknologia lisää datan turvallisuutta ja vähentää sen mahdollisuuksia korruptoitua. Toiseksi, teknologian avulla rekisterin dataa valvotaan ja tarkistetaan reaaliaikaisesti esimerkiksi kymmenen minuutin välein, eikä esimerkiksi vain kerran vuodessa. Kolmanneksi, rekisteröinnin erimielisyydet vähenevät ja kiinteistön omistusoikeuksien rekisteröinnin kustannukset alenevat, sillä tulevaisuudessa ne voidaan rekisteröidä älypuhelimien avulla käyttäen lohkoketjua niin sanotusti kaupanvahvistajana. (Shin 2016.)

Georgia on ensimmäisiä maita, joissa lohkoketjuteknologiaa käytetään turvaamaan ja varmistamaan virallisia toimia. Valtiolla on ollut vahva järjestelmä maan ja kiinteistöjen omistusoikeuksien rekisteröinneille jo ennen lohkoketjuteknologian hyödyntämistä. Näin ollen uutta teknologiaa on helpompi hyödyntää, kun vanha järjestelmä on ollut pääosin kunnossa. (Shin 2017.) Lohkoketjuteknologiaan perustuvaa ohjelmistoa onkin testattu rekisteröimällä tuhansia maanomistusoikeuksia, ja kesäkuun 2017 tilannekatsauksessa noin 160 000 rekisteröintiä oli jo käsitelty (The Economist 2017). Tarkoituksena on laajentaa rekisteröintiä liittyen esimerkiksi omistusoikeuden siirtoon kauppatilanteissa, uusiin maanomistuksiin, kiinteistön purkamiseen sekä kiinnityksiin ja vuokraukseen. Uuden teknologian ansiosta georgialaiset voivat tarkistaa järjestelmästä, että heidän omistusoikeutensa on lainmukainen ja pätevä. Georgian tapauksessa kiinteistökaupan tiedot laitetaan ensin yksityiseen lohkoketjuun, jota tietokoneet käsittelevät. Sen jälkeen datasta lasketaan matemaattinen tiiviste, joka laitetaan julkiseen lohkoketjuun, jota ylläpitävät tuhannet koneet ympäri maailman. Tiiviste on kuin digitaalinen sormenjälki, eli kuka tahansa voi varmistaa sen avulla datan oikeuden ilman, että näkee dataa itsessään. Tällä tavoin kansalaiset voivat varmistaa tietojen aitouden. (Shin 2017.)

Hondurasin valtio päätti vuonna 2015 aloittaa yhteistyön yhdysvaltalaisen startup-yritys Factomin kanssa tarkoituksenaan siirtää kiinteistörekisteri lohkoketjuteknologiaan perustuvaan digitaaliseen tietokantaan. Tavoitteena on luoda luotettava ja läpinäkyvä järjestelmä omistusoikeuksien rekisteröintiin ja ylläpitoon, sillä arvion mukaan vain 14 % maan kansalaisista omistaa kiinteistönsä laillisesti, ja näistä kiinteistöistä vain 30 % on rekisteröity. Valtion virkamiehet saattavat myös muuttaa rekisteröitävien kiinteistöjen omistustietoja ja jopa rekisteröidä niitä omiin nimiinsä. Väitetään myös, että he ovat myöntäneet omistusoikeuksia lahjuksia vastaan. (Kshetri 2017, s. 1715.)

Hondurasissa kansalaiset eivät yleensä pääse käsiksi omistusoikeuksia käsitteleviin rekistereihin, ja ne joita pääsee tarkastelemaan, tarjoavat usein ristiriitaista tietoa. Monessa tapauksessa kiinteistön omistajat eivät voikaan puolustautua, mikäli heidän kiinteistöään tai esimerkiksi mineraalisia varojaan väärinkäytetään. Hondurasin hallituksen suunnitelma lohkoketjuteknologiaan perustuvasta kiinteistörekisteristä ei ole kuitenkaan edennyt niin kuin oli tarkoitus. Joulukuussa 2015 nimittäin uutisoitiin, että projekti on keskeytetty poliittisten syiden vuoksi ainakin väliaikaisesti. (Kshetri 2017, s. 1715.) Lohkoketjuteknologia voikin olla aina vain osa ratkaisua, sillä mikään teknologia ei voi esimerkiksi estää korruptoituneita päättäjiä syöttämästä järjestelmään väärennettyä dataa (The Economist 2017).

Ghanan valtio puolestaan tekee yhteistyötä voittoa tavoittelemattoman Bitlandin kanssa, ja tavoitteena on tehdä kiinteistöjen rekisteröintiprosessista läpinäkyvä ja korruptiovapaa lohkoketjuteknologiaan perustuvan ratkaisun avulla (Anand et al. 2015, s. 11). Ghanassa jopa 78 % maasta on rekisteröimättä. Bitlandin tavoitteena onkin rekisteröidä transaktiot turvallisesti GPS-koordinaattien, kirjallisen kuvauksen sekä satelliittikuvien avulla. Tämän on tarkoitus taata kiinteistön omistusoikeudet ja vähentää korruptiota. Vuoden 2016 puoliväliin mennessä 24 kuntaa Ghanassa oli ilmaissut olevansa kiinnostunut projektista. Bitland suunnittelee laajentavansa toimintaansa myös Nigeriaan vuonna 2017. (Kshetri 2017, s. 1715–1716.)

Maanomistuksen ja laillisten omistusoikeuksien puute on yksi suurimmista esteistä yrittäjyydelle ja talouskehitykselle Intiassa. Erään arvion mukaan Intiassa yli 20 miljoonaa maaseudulla asuvaa perhettä ei omista maata, ja miljoonilta muilta puuttuu laillinen omistusoikeus maahan, jota he käyttävät asumiseen ja työskentelyyn. Näin ollen maanomistuksen ja oikeuksien puute vaikuttaa maassa köyhyyteen jopa voimakkaammin kuin kastit tai luku- ja kirjoitustaidottomuus. (Kshetri 2017, s. 1712.) Intian nykyisen maanomistusrekisterin sanotaan olevan hyvin korruptoitunut ja arvioidaankin, että omistusoikeuksien rekisteröintiin liittyen maksetaan lahjuksia jopa satojen miljoonien dollarien edestä. Kiistat maan ja kiinteistöjen omistusoikeuksista päätyvätkin usein oikeuden eteen. (Browne 2017.)

Lokakuun 2017 alussa uutisoitiin, että Intian osavaltio Andhra Pradesh on kiinnostunut lohkoketjujen hyödyntämisestä kiinteistöjen omistusoikeuksien rekisteröimisessä ja näin ollen oikeuksien jäljittämisessä. Osavaltion hallitus on yksi muutamista Intian alueellisista hallituksista, jotka etsivät lohkoketjuteknologialle soveltamismahdollisuuksia erityisesti kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyen. Andhra Pradesh toteuttaa pilottihanketta startup-yritys ChromaWayn kanssa, joka on mukana myös aiemmin esitellyssä Ruotsin kiinteistökauppaan liittyvässä lohkoketjuprojektissa. Osapuolten mukaan projektissa toteutettava testialusta hyödyntää palvelinpuolella (engl. back-end) hajautettua tapahtumarekisteriä, eli dataa käsitellään lohkoketjuteknologian avulla. Käyttäjille näkyvällä selainpuolella (engl. front-end) hyödynnetään puolestaan verkkosovellusta, joka tarjoaa läpinäkyvän pääsyn tallennettuun dataan. Näin ollen ratkaisu on yhdistelmä lohkoketjuteknologiaa ja kypsää tietokantajärjestelmää, eli rekisteristä on tarkoitus tehdä läpinäkyvä ja turvallinen, mutta myös tarvittavat perinteisen rekisteritietokannan ominaisuudet sisältyvät ratkaisuun. (De 2017; Browne 2017.)

Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen kiinteistörekisterissä on viime aikoina alkanut kiinnostaa myös muita maita. Esimerkiksi Iso-Britanniassa maan ja kiinteistöjen omistusoikeuksia rekisteröivä taho HM Land Registry pohtii lohkoketjuteknologian käyttöä tulevassa hankkeessaan nimeltä Digital Street. Hankkeen avulla kiinteistörekisteristä on tarkoitus tehdä digitaalisempi sekä asiakaskeskeisempi hallituksen antamien velvoitteiden mukaisesti.

Digital Streetin tarkoituksena on nopeuttaa ja tehostaa omistusoikeuksien vaihtoon liittyvää prosessia huomattavasti. Vielä on kuitenkin epäselvää, milloin kokeiluja aletaan tehdä ja toteutetaanko ne lohkoketjuteknologiaa hyödyntäen. Joka tapauksessa Iso-Britannian tapaus noudattaa viimeaikaista kehitystä, eli lohkoketjuteknologian käytön pohtimista maan ja kiinteistöjen omistusoikeuksien rekisteröinnissä. (Higgins 2017.)

Myös Ukrainan hallitus on suunnitellut kokeilevansa lohkoketjuteknologiaa maan kiinteistöjärjestelmässä. Toteutettavassa pilottihankkeessa on tavoitteena siirtää valtion maiden rekisteröimistä koskeva järjestelmä lohkoketjuteknologian avulla toteutettavaksi, ja lisäksi halutaan digitalisoida valtion maiden vuokraukseen liittyvät huutokaupat. (Interfax Ukraine 2017.) Huutokauppojen on tarkoitus lisätä kilpailua, tehostaa paikallista taloutta ja vähentää laittomia toimia. Ukrainan maa-alueista noin 71 % on maatalousmaata, josta noin neljäsosa on valtion omistuksessa. Tällä hetkellä maanhallinta on Ukrainassa huolestuttavalla tasolla. Esimerkiksi valtion maita rekisteröidään huomattavasti vähemmän kuin yksityisiä kiinteistöjä, mikä vähentää läpinäkyvyyttä ja mahdollistaa laittomuuksia. Maatalousmaista maksettavat vuokrat ovat hyvin alhaisia verrattuna esimerkiksi muuhun Eurooppaan, ja tämä vaikuttaa negatiivisesti maanomistajien tuloihin ja aiheuttaa maavarojen tehotonta käyttöä. Maatalousmaihin kohdistuvia oikeuksia siirretään pääosin vuokrauksen kautta, ja siellä esiintyvät suuret varjomarkkinat. Maaveronmaksajia Ukrainassa on paljon vähemmän kuin yksityisiä maanomistajia ja maan käyttäjiä on yhteensä. (Tian 2017.) Lokakuussa 2017 uutisoitiinkin, että Ukraina on valinnut maatalousmaita koskevan rekisterin päivittämiseen yhteistyökumppaniksi BitFuryn, joka on mukana myös Georgian kiinteistörekisteriä koskevassa lohkoketjuhankkeessa. Ukrainan hankkeen tavoitteena on lisätä rekisterin läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta lohkoketjuteknologian avulla. (Verbyany 2017.)

Japanin hallituksen on uutisoitu suunnittelevan kaikkien kiinteistöihin ja maanomistukseen liittyvien rekistereidensä yhtenäistämistä lohkoketjuteknologian avulla. Tällä hetkellä paikalliset kunnat sekä oikeus- ja maanhallintaministeriöt ylläpitävät kaikki omia kiinteistörekistereitään esimerkiksi verotussyistä. Myös esimerkiksi kiinteistöyhtiöt valvovat omia tietokantojaan, ja laajoja viljelysmaita ja metsäalueita ylläpidetään erillisissä rekistereissä. Lohkoketjuteknologian hyödyntämisessä tarkoituksena onkin yhdistää kaikkien kiinteistötietoja sisältävien hallinnollisten tietokantojen data yhdeksi datarekisteriksi, joka sisältää myös tiedot esimerkiksi kiinteistöjen kauppahinnoista. Tutkimuksen mukaan joidenkin kaupunkien ja alueiden kiinteistörekisterit eivät ole muuttuneet kymmeneen vuosiin, joten järjestelmien päivittäminen nykyaikaiseksi on senkin vuoksi ajankohtaista. (Das 2017a.)

Japanin tapauksessa lohkoketjujen hyödyntämisen eduiksi nähdään esimerkiksi se, että rekisterin ylläpitoon voi osallistua useita osapuolia ja sitä voidaan hyödyntää myös yksityisellä sektorilla, jos otetaan huomioon yksityisyyteen liittyvät toimenpiteet. Tavoitteena on tehostaa kiinteistökauppojen prosessia ja myös edistää lisääntyvien tyhjien ja vapaiden kiinteistöjen myyntiä sekä peruskorjauksia. Rekisteristä voi olla hyötyä myös julkisen vallan ja maanomistajien välisessä kanssakäymisessä liittyen esimerkiksi peruskorjauksiin sekä julkisiin projekteihin kiinteistöjen läheisyydessä. Lisäksi mahdollisiin luonnonkatastrofeihin varautuminen voi tehostua, kun esimerkiksi vapaat kiinteistöt voidaan ottaa huomioon katastrofin sattuessa. Uutta, lohkoketjuja hyödyntävää rekisteriä on tarkoitus testata kokeiluun valituissa kaupungeissa kesällä 2018. Mikäli kokeilu osoittautuu onnistuneeksi, Japanin hallitus tavoittelee teknologian valtakunnallista hyödyntämistä seuraavien viiden vuoden aikana. (Das 2017a.)

Lohkoketjuteknologia on alkanut kiinnostaa myös kaupunkitasolla. Brasilian kiinteistöjärjestelmää ylläpitävä taho Cartorio de Registro de Imoveis puolestaan tekee yhteistyötä lohkoketjuratkaisuja tarjoavan startup-yritys Ubitquityn kanssa, ja tavoitteena on uudistaa kahden brasilialaisen kunnan kiinteistötietojen rekisteröinti lisäämällä ne lohkoketjuun. Nämä kaksi kohdekuntaa ovat Pelotas sekä Morro Redondo. Uudessa järjestelmässä lohkoketjuun lisätään tiivisteet yksityiskohtaisista tiedoista, kuten kiinteistön osoitteesta, omistajasta ja kaavoitusluokituksesta. Tavoitteena on myös päästä eroon paperisista rekistereistä ja saada käyttöön täysin digitaalinen ratkaisu. Lohkoketjuun tallennetut rekisterit ovatkin muuttumattomia, eli ne ovat vähemmän alttiita esimerkiksi varkauksille, korruptiolle tai petoksille. Mikäli pilottihanke onnistuu, Ubitquityn suunnitelmana on laajentaa ohjelmistonsa käyttöä myös muissa kunnissa, joita kiinnostaa rekistereiden siirto lohkoketjuun. (Keirns 2017.)

Alankomaissa sijaitseva Rotterdamin kaupunki puolestaan pyrkii luomaan kiinteistöjen vuokrausta varten lohkoketjusovelluksen, jossa vuokrasopimukset tallennetaan lohkoketjuun, ja lisäksi sopimukset on mahdollista jäljittää ketjusta. Ratkaisun avulla tavoitellaan nopeampia vuokrausprosesseja ja kustannusten alenemista. (Honkanen 2017, s. 32.) Projektia on mukana toteuttamassa Deloitte sekä Cambridge Innovation Center (CIC). Lohkoketjuteknologian avulla toteutettu ratkaisu mahdollistaa myös data-analyysit, joita päättäjät voivat käyttää tehdessään investointipäätöksiä liittyen kiinteistön ostamiseen, myymiseen tai uuden kohteen rakentamiseen. (Das 2016.)

Lokakuun 2017 alussa uutisoitiin myös Dubain kaupungin suunnitelmista kehittää järjestelmä, jossa kaikki paikalliset kiinteistöihin liittyvät sopimukset ja transaktiot tallennetaan lohkoketjuun. Dubain kiinteistöasioista vastaavan viranomaistahon, Dubai Land Departmentin mukaan tarkoituksena on saavuttaa kansainvälisten kiinteistösjoiittajien luottamus ja auttaa vuokralaisia tallentamalla vuokrasopimukset järjestelmään. Perimmäisenä tavoitteena on saada tallennettua kaikki Dubain kiinteistöt lohkoketjuun 2–3 vuoden sisällä. Projekti on osa Dubain hallituksen lohkoketjuteknologiaan liittyvää strategiaa, jonka mukaan tavoitteena on rekisteröidä ja käsitellä kaikki hallinnon dokumentit ja transaktiot lohkoketjujen avulla vuoteen 2020 mennessä. Lohkoketjuteknologian avulla kiinteistöihin liittyvään dataan sisältyvät aikaleimaiset allekirjoitukset, datan tarkkuus parantuu ja transaktioiden luotettavuus sekä markkinoiden läpinäkyvyys lisääntyvät. Dubai Land Departmentin mukaan kehitettävä alusta sisältää kiinteistöjen vuokrauspuolella mahdollisuuden olla yhteydessä vuokranantajan lisäksi kiinteistöön liittyviin laskuttajiin. Nämä tahot voivat olla esimerkiksi sähkö- ja vesiyhtiöitä tai teleoperaattoreita. Tällöin vuokralaiset voivat maksaa laskujaan sähköisesti missä vain ja milloin vain, eikä enää tarvitse esimerkiksi kirjoittaa sekkejä tai käydä paikan päällä virastoissa. Näin ollen prosesseja pyritään helpottamaan. (Hochstein 2017; Das 2017b.)

5 Haastattelujen tulokset

Tässä luvussa esitellään diplomityössä toteutettujen haastattelujen tulokset aihepiireittäin. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina joko kasvotusten, Skypen tai sähköpostin välityksellä. Tutkimukseen osallistui yhteensä kahdeksan tämän työn lähde-
luettelossa mainittua lohkoketjuteknologian asiantuntijaa, aina tutkijoista tuotekehittäjiin. Kaikissa haastatteluissa käytettiin samaa kysymysrunkoa, ja kysymykset lähetettiin haastateltaville etukäteen. Kysymysrunko löytyy tämän työn liitteestä 1. Haastattelujen kestot vaihtelivat 30 minuutista 80 minuuttiin. Haastattelutilanteessa haastateltavalle esiteltiin ensin diplomityön tausta, minkä jälkeen seurattiin kysymysrunkoa haastateltavan erityisosaa-
misalueita painottaen ja tarvittaessa lisäkysymyksiä esittäen. Muistiinpanojen tekemisen lisäksi haastattelut nauhoitettiin tulosten kirjaamista ja muistiinpanojen täydentämistä varten. Tulosten analysoimista varten haastattelut on litteroitu pääpiirteittäin. Tämän jälkeen haastateltavilta saaduista vastauksista on tunnistettu pääteemat ja aihepiirit, ja vastaukset on ryhmitelty niiden mukaisesti. Tuloksia analysoitaessa on pyritty huomioimaan haastateltavien vastauksia tasapuolisesti ja löytämään useita näkökulmia sekä yhtäläisyyksiä ja mahdollisia eroavaisuuksia saatujen vastausten välillä.

Tässä luvussa esitellään ensin haastateltavien näkemykset lohkoketjuteknologian tarjoamista uusista ominaisuuksista sekä teknologian hyödyistä ja haasteista. Sen jälkeen käydään läpi teknisessä toteutuksessa huomioitavat asiat ja käyttöönottoprosessiin liittyvät näkemykset. Seuraavaksi käsitellään haastateltavien pohdintaa lohkoketjuteknologian mahdollisista sovelluskohteista sekä sen soveltuvuudesta rekisterinpitoon. Sen jälkeen käydään läpi teknologian hyödyntämiseen liittyviä juridisia kysymyksiä, haastateltavien näkemyksiä teknologian nykytilasta ja tulevaisuudesta, ja lopuksi käsitellään muita haastatteluissa esille nousseita huomioitavia asioita.

5.1 Lohkoketjuteknologian tarjoamat uudet ominaisuudet

Haastattelujen alussa kartoitettiin haastateltavien näkemyksiä siitä, mitä uutta lohkoketjuteknologia tarjoaa perinteisiin olemassa oleviin ratkaisuihin verrattuna. Monet totesivatkin, ettei lohkoketjuteknologiassa ole esimerkiksi teknisesti paljoakaan uutta, vaan siinä on lähinnä yhdistelty monia olemassa olevia teknologioita yhdeksi ratkaisuksi. Esimerkiksi vertaisverkkoja tai hajautettuja järjestelmiä hyödynnetään monissa muissakin menetelmissä, joten monia lohkoketjuteknologian tarjoamia ominaisuuksia voidaan toteuttaa myös perinteisemmällä tietokantaratkaisuilla. Erilaisten tekniikoiden yhdistämisen vuoksi lohkoketjuteknologia kuitenkin mahdollistaa uusia asioita, joita ei voida toteuttaa muilla menetelmillä.

Lohkoketjuteknologiassa yksi keskeinen uutuudellisuus onkin mahdollistaa tietokanta, joka on samalla sekä hajautettu että tiedoiltaan luotettava. Hajautettuja rakenteita voidaan toteuttaa myös muilla ratkaisuilla, mutta lohkoketjuteknologia ja sen käyttämät matemaattiset algoritmit mahdollistavat lisäksi tietoon liittyvän luottamuksen säilymisen, sillä ketjuun tallennettuja tietoja on erittäin hankala väärentää. Teknologian avulla voidaan myös tarjota luottamusta ja läpinäkyvyyttä esimerkiksi ympäristössä, jossa ei ole varmuutta muiden osapuolten luotettavuudesta tai siitä, että tiedot pysyisivät muuttumattomina. Osa haastateltavista kokikin lohkoketjuteknologian tärkeimmäksi uudistukseksi sen, että teknologian avulla on mahdollista säilyttää tiedon eheys, luotettavuus ja alkuperäisyys tilanteissa, joissa osapuolten välillä ei ole luottamusta.

Muutama haastateltava kuitenkin korosti, että lohkoketjujen tarjoamat uudet ominaisuudet riippuvat kuitenkin paljon myös siitä, miten ja mihin teknologiaa sovelletaan, ja millaisia aiemmat ratkaisut ovat olleet. Sovelluskohde määrittelee reunaehdoja melko paljon, ja se vaikuttaa esimerkiksi käytettävän lohkoketjun tyyppin valintaan. Erityyppisillä lohkoketjuilla on erilaisia ominaisuuksia, joten niiden tuomat uudet ominaisuudet voivat erota keskenään melko paljonkin.

5.2 Hyödyt

Hajautetun lohkoketjujärjestelmän tarjoaman läpinäkyvyyden ja luotettavuuden sekä tiedon eheyden ja alkuperäisyyden varmentamisen lisäksi lohkoketjuteknologialla nähtiin olevan muutamia muita hyötyjä. Yhdeksi hyödyksi haastatteluissa todettiin, että sen avulla voi olla mahdollista toteuttaa helpommin sellaisia palveluita, joita ei ole ennen voitu toteuttaa kaikkien osapuolten luottaman keskitetyn osapuolen puuttumisen takia. Mikäli esimerkiksi matkan luottamuksen vuoksi ei ole voitu tehdä liiketoimintaa jollain alueella, lohkoketjuteknologia saattaa tuoda tilanteeseen apua. Ratkaisuja saattaa löytyä myös tilanteisiin, joissa läpinäkyvyyttä tai keskitetty ratkaisu ovat tuottaneet ongelmia aikaisemmin. Näin ollen voitaisiin rakentaa uudenlaisia luottamuspalveluita, jolloin saattaisi myös nousta uusia luotettuja osapuolia. Tällöin tietyt liiketoiminta-alueet eivät enää välttämättä olisi sidoksissa tiettyyn ammattiryhmään tai kontrolloivaan organisaatioon. Muutama haastateltava kuitenkin korosti, ettei luotetuista kolmansista osapuolista ole yleensä pelkästään haittaa eikä niistä aina kannata pyrkiä kokonaan eroon, sillä esimerkiksi ristiriitatilanteissa tai erilaisten virheiden sattua on usein tarve jonkinlaiselle luotetulle toimijalle.

Hyötynä nähtiin myös se, että tietokantaan tallennetun tiedon varmentamisen avulla tietoja on hankalampi väärentää tai tuhota, ja ainakin lohkoketjusta saadaan selville, mikäli jotain tietoja on peukaloitu. Tiedon alkuperä onkin helposti jäljitettävissä lohkoketjusta. Hajautetun rakenteensa vuoksi lohkoketjuihin perustuva järjestelmä on myös hyvin vikasietoinen, sillä ylläpidettävä tietokanta sijaitsee usealla palvelimella. Näin ollen mikään palvelin ei ole yksinään kriittisessä asemassa mahdollisen hyökkäyksen tai vian sattuessa. Muutama haastateltava totesi myös älykkäiden sopimusten hyödyntämisen tuovan lisäarvoa lohkoketjun toimintaan. Älykkäiden sopimusten avulla voidaan ohjelmoida ja automatisoida tiettyjä tapahtumia ja näin ollen tehdä pitkiäkin transaktioketjuja.

Lohkoketjuteknologian tuomien hyötyjen todettiin kuitenkin riippuvan paljon sovellusalasta sekä toteutustavasta. Esimerkiksi finanssipuolella ja logistiikkapuolella voi olla saavutettavissa keskenään hyvinkin erilaisia hyötyjä, ja yksityisen ja julkisen lohkoketjun tarjoamat hyödyt eroavat toisistaan. Toteutustavasta puolestaan riippuu esimerkiksi se, miten hankalaksi lohkoketjuun tallennettujen tietojen muuttaminen on tehty.

5.3 Haasteet

Haastatteluissa kartoitettiin myös lohkoketjuteknologiaan liittyviä haasteita. Tässä alaluvussa esitellään ensin yleisiä esille tulleita haasteita. Sen jälkeen käsitellään tarkemmin skaalautuvuusongelmaa sekä tietosuojan, yksityisyyteen ja tietoturvaan liittyviä haasteita. Lopuksi keskustellaan myös sosiaalisista haasteista liittyen esimerkiksi järjestelmien käyttäjiin. Joihinkin haasteisiin pohditaan myös mahdollisia ratkaisuja saatujen vastausten perusteella.

5.3.1 Yleiset haasteet

Yhtenä ensisijaisena haasteena mainittiin se, osataanko lohkoketjuja käyttää oikein ja oikeissa sovelluskohteissa. Lohkoketjujen käytöstä ei saavuteta sen tarjoamia hyötyjä, mikäli käytettävä ratkaisu ei ole oikeanlainen kyseiseen sovelluskohteeseen, tai mikäli lohkoketjuja yritetään soveltaa sellaiseen käyttötarkoitukseen, johon se ei sovellu. Esimerkiksi pelkän hajautetun tietokannan tai vertaisverkon voi toteuttaa helpommilla ja perinteisemmillä ratkaisuilla, joten lohkoketjuteknologian tarjoamille lisähyödyille tulee olla myös tarvetta, jotta se on kannattavin ratkaisu ongelmaan.

Tärkeäksi haasteeksi koettiin myös se, että lohkoketju ei ole kovin kannattava ratkaisu suurten datamäärien tallentamiseen. Lohkoketjuun ei yleensä kannatakaan tallentaa itse dataa, vaan sovelluskohteeseen liittyviä olennaisia transaktioita. Datan sijaan lohkoketjuun voidaan tallentaa myös pelkkä datasta laskettu tiiviste tai hajautusfunktio, jolla tiiviste lasketaan. Varsinainen data voidaan puolestaan tallentaa esimerkiksi johonkin dokumenttien tallentamiseen tarkoitettuun hajautettuun järjestelmään, josta dokumentit löydetään ja niiden alkuperäisyys varmistetaan lohkoketjuun tallennetun tunnisteiden avulla. Lohkoketjun käyttötapausta määrittäessä onkin tärkeä pohtia, mitä lohkoketjuun on tarkoitus tallentaa ja onko se kannattavaa. Näin voidaan välttää lohkoketjun kasvaminen turhan suureksi, ja ketjua voidaan myös hallita paremmin.

Myös teknologian monimutkaisuus ja siihen liittyvän osaamisen puute todettiin haasteiksi. Lohkoketjuteknologia tuo mukanaan monia uudistuksia liittyen esimerkiksi teknologisiin ratkaisuihin sekä liiketoimintaan, eikä vielä ole kehitetty yhteisesti hyväksyttyjä tai vakiintuneita käytäntöjä ja toimintatapoja eri tilanteisiin. Toiminnassa olevia, lohkoketjuteknologiaan perustuvia järjestelmiä on vasta vähän, joten historiatietoakaan ei ole paljoa saatavissa. Teknologian toiminnan, soveltamisen ja sen aiheuttamien vaikutusten kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen tarvittaisiin luultavasti monen alan asiantuntemusta. Ihmisten osaaminen tulisikin saada sille tasolle, että ymmärrettäisiin, mistä lohkoketjuteknologiassa on kyse ja miten sitä voitaisiin soveltaa eri ratkaisuihin. Lisäksi tulisi osata tunnistaa, millaisia vaikutuksia ja riskejä teknologian käyttö aiheuttaa myös pidemmällä aikavälillä. Lohkoketjuosajia onkin vielä suhteellisen vähän, ja resurssien puute hidastaa käyttöönottoa. Teknologiaa ja sen sovellusmahdollisuuksia tutkitaan ja kokeillaan kuitenkin tällä hetkellä erittäin paljon, joten osaaminenkin varmasti kehittyy koko ajan.

Muutama haastateltava mainitsi myös haasteeksi lohkoketjusovellusten käytettävyyden ongelmat. Esimerkiksi avoimessa Bitcoin-verkossa vastaanottajan osoitteen, eli julkisen avaimen numerosarjan, kirjoittaminen väärin tai oman yksityisen avaimen hukkaaminen voi johtaa varojen menetykseen. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että Bitcoin-verkossa ei ole mitään keskitettyä tahoja, johon voisi olla yhteydessä ongelmatilanteessa. Mikäli tämänkaltaiset avoimet lohkoketjusovellukset yleistyvät huomattavasti, tarvitaan jonkinlainen ratkaisu siihen, miten ongelmatilanteissa toimitaan. Tämä edellyttäisi luultavasti sitä, että johonkin osapuoleen voidaan luottaa enemmän kuin muihin. Käytännön toimintaan liittyvien haasteiden vuoksi erilaiset suljetummat ja organisaatioiden väliset lohkoketjut näyttävät yleistyvän ensimmäisenä, sillä niissä on usein mukana jonkinasteinen luottamus ainakin osaan toimijoista.

5.3.2 Skaalautuvuus

Kirjallisuuskatsausta tehdessä useassa artikkelissa tuli esille skaalautuvuuden ongelmat erityisesti Bitcoin-tyylisessä lohkoketjussa. Skaalautuvuuden ongelmat liittyvät esimerkiksi siihen, miten lohkoketjujen avulla voidaan käsitellä suuria tietomääriä. Ongelmaa tiedusteltiin myös haastateltavilta, ja juuri avointen ja julkisten lohkoketjujen skaalautuvuuden varmistaminen todettiin haastavaksi. Näihin verkkoihin liittyen on etukäteen hankala arvioida, kuinka paljon käyttäjiä ja toimijoita verkkoon tulee osallistumaan. Usein kasvava toimijoiden määrä hankaloittaa skaalautuvuutta, sillä kaikki verkkoon kertynyt datamäärä tulee hajauttaa sovitulla tavalla.

Yhtenä apuna skaalautuvuuden ongelmiin nähtiin lohkoketjun hallintamallin luominen sel-laiseksi, että ketjuun voidaan tietyissä tilanteissa tehdä tarvittavia muutoksia. Skaalautuvuus ei välttämättä olekaan aina teknologinen este, sillä teknologia voi kehittyessään mahdollistaa nykyistä useamman transaktion tallentamisen yhteen lohkoketjuun. Olennaista onkin se, pääs-tääkö lohkoketjun hallinnassa yksimielisyyteen siitä, että nykyiseen lohkoketjuun voidaan tehdä muutoksia skaalautuvuuden parantamiseksi. Lohkoketjun suunnitteluvaiheessa tulee toki tehdä hyviä teknologisia valintoja skaalautuvuuden mahdollistamiseksi, mutta tärkeää on myös hallintamallin huolellinen suunnittelu ja tarvittavien muutosten salliminen esimer-kiksi teknologian kehityksen myötä.

Skaalautuvuuden ongelmaan voisi auttaa myös se, että vanhimpia lohkoja jätettäisiin tallen-nuksesta pois. Sovelluskohteesta riippuu, kuinka vanhoilla tapahtumilla ja transaktioilla ei ole enää niin suurta merkitystä, että ne tulisi tallentaa lohkoketjun alkupäässä. Bitcoin-ver-kon päälle on myös suunniteltu uutta teknologiaa, salamaverkkoa (engl. lightning network), joka auttaisi huomattavasti skaalautuvuuteen. Salamaverkon avulla transaktioita voitaisiin tehdä nykyistä enemmän ja nopeammin. Salamaverkossa toteutettaisiin erillinen kanava osa-puolten välisille transaktioille, joten se ei rasittaisi Bitcoin-verkkoa niin paljon kuin nykyiset verkossa tapahtuvat transaktiotapahtumat. Teknologian kehitys voikin auttaa skaalautuvuus-ongelman ratkaisemisessa, mutta myös verkon ylläpitäjien tekemät päätökset ja lohkoketjun hallintamalli vaikuttavat ratkaisujen käyttöönottoon.

Haastatteluissa tuli kuitenkin esille, että skaalautuvuus ei ole niin suuri ongelma yksityisissä tai luvanvaraisissa verkoissa. Näissä verkoissa on usein huomattavasti vähemmän käyttäjiä, ja tallennettavan datan määrä ei ole verrattavissa esimerkiksi Bitcoin-verkon transaktioiden määrään. Käyttöönottovaiheessa tulee kuitenkin huomioida ja ymmärtää verkon käyttörajoi-tukset ja se, mitä lohkoketjuun voidaan tallentaa. Kuten aiemmin todettiin, varsinaisen datan varastointiin lohkoketju ei ole hyvä ratkaisu, mutta tiettyjen transaktioiden, tiivisteiden tai hajautusfunktioiden tallentamiseen se sopii. Skaalautuvuusongelmaan auttaa näin ollen se, että alusta lähtien tallennetaan ketjuun vain sellaista tietoa, mitä sinne on kannattava tallen-taa.

5.3.3 Tietosuoja, yksityisyys ja tietoturva

Tietojen avoimuus lohkoketjussa luo paljon mahdollisuuksia, mutta myös tietosuojaan ja yksityisyyteen liittyviä uhkia varsinkin avoimissa ja julkisissa lohkoketjuissa. Näissä ver-koissa on yleensä kaikkien osapuolten saatavilla esimerkiksi transaktioiden koko historia ja transaktiopolut. On kuitenkin kehitteillä esimerkiksi erilaisia ratkaisuja, joissa avointa dataa voitaisiin salata osittain. Erilaisilla salausten menetelmillä pyritään myös estämään se, ettei transaktioita voi yhdistää esimerkiksi tiettyyn henkilöön. Jonkin verran tutkimusta on kui-tenkin tehty siitä, että nykyään ei ole erityisen hankalaa päätellä ja yhdistellä esimerkiksi

Bitcoin-verkossa tapahtuvia transaktioita tiettyihin tileihin. Bitcoinin päälle on kuitenkin kehitetty erillinen lisäosa, jonka tavoitteena on toteuttaa parempi anonymiteetti transaktiota-
pahtumissa. Mikäli käyttäjällä on lisäosa käytössään, bitcoin-tilin liikkeitä ei voida seurata
normaaliin tapaan. Tästä raskaammasta salausmenetelmästä voi olla joissain tapauksissa
hyötyä tietosuojan ja yksityisyyden kannalta, mutta tulee myös huomioida se, että ominai-
suutta voi mahdollisesti väärinkäyttää ja hyödyntää myös epäilyttäviissä asiayhteyksissä.

Tietosuojaan, yksityisyyteen ja tietoturvaan liittyvät haasteet riippuvat kuitenkin esimerkiksi
sovelluskohteen hallintamallista ja siitä, millaista tietoa lohkoihin säilötään ja miten sitä on
salattu. Lohkoketjun toimijoille voi esimerkiksi antaa erilaisia lukuoikeuksia tietoihin siten,
että tietty taho näkee vain oman toimintansa kannalta olennaiset lohkoketjuun tallennetut
tiedot. Tätä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi eri organisaatioiden yhteisessä lohkoketjurat-
kaisussa. Monet haastateltavat myös korostivat, että ainakaan tällä hetkellä lohkoketjuun ei
kannata tallentaa mitään kovin arkaluontoista tietoa. Lähtökohtaisesti tallennettu data on
lohkoketjussa ikuisesti, ja vaikka tietoja yritettäisiin salata erilaisilla salausmenetelmillä, esi-
merkiksi kymmenien vuosien päästä teknologian kehityksen seurauksena nämä menetelmät
voivat olla murrettavissa helpostikin. Mikäli tiedot saadaan silloin esille ja ne ovat edelleen
arkaluontoisia, voi tulla ongelmia tietosuojan kanssa. Yksityisyyteen ja tietosuojaan liittyvät
haasteet riippuvatkin paljon myös tapauskohtaisesti siitä, millaista tietoa lohkoketjuun tal-
lennetaan. Tietoturvan osalta lohkoketjujärjestelmiä kehitettäessä tulee myös pohtia esimerkiksi
sitä, millainen mahdollisuus erilaisten hyökkäysten toteuttamiselle on, kuinka laajaa tuhoa
ne voivat toteutuessaan aiheuttaa ja miten niihin voi varautua.

Haastateltavilta tiedusteltiin vielä erikseen, miten voisi toteuttaa sellaisen lohkoketjun, jossa
osa tallennettavista tiedoista on julkista ja osaan pääsevät käsiksi vain tietyt toimijat. Esi-
merkiksi Suomen kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa henkilötunnus voidaan luo-
vuttaa vain silloin, jos pyytäjällä on tai voi olla kyseinen tunnus hallussaan henkilötietolain
tai muun lain nojalla (KTJ-laki 6 §). Haastateltavien mukaan henkilötiedot ja muut osittain
salattavat tiedot voitaisiin tallentaa lohkoketjuun jonkinlaisina tunnisteina, joiden avulla var-
sinaiset tiedot puolestaan voitaisiin jäljittää erillisestä tietokannasta. Tämä toiminta olisi
mahdollista vain tietyllä avaimella, eli eri järjestelmien tietoja pääsisivät yhdistämään vain
ennalta määritetyt toimijat. Näin ollen on teknisesti mahdollista piilottaa tietoja osittain tai
kokonaan salausmenetelmien avulla, ja erilaisten oikeuksien avulla voidaan määrittää, ke-
nellä on pääsy mihinkin tietoon. Luvanvaraisessa verkossa voidaan esimerkiksi määrittää,
että tietty ylläpitäjä eli solmu näkee vain ne transaktiot, joihin liittyy itse. Kuten aiemmin
mainittu, lohkoketjuihin ei kuitenkaan kannata tallentaa suuria määriä tietoa, ja varsinkaan
arkaluontoisen tiedon tallentaminen suoraan lohkoketjuun ei ole ainakaan tällä hetkellä jär-
kevää.

5.3.4 Sosiaaliset haasteet

Lohkoketjuteknologian yleisiä haasteita käsittelevässä alaluvussa keskusteltiin esimerkiksi
osaamiseen ja järjestelmien käytettävyyteen liittyvistä haasteista. Näiden lisäksi teknologian
yleisessä ymmärtämisessä ja hyväksymisessä nähtiin olevan sosiaalisia haasteita. Muutama
haastateltava toi esille myös sen, ettei lohkoketjuteknologia ratkaise esimerkiksi rekisterin-
pitoon liittyviä perimmäisiä ongelmia. Vaikka lohkoketjujen avulla saataisiin luotua erittäin
luotettavalta ja toimivalta vaikuttava teknologinen järjestelmä, jos sinne tietoja syöttävät
henkilöt saadaan esimerkiksi lahjottua tai pakotettua virheellisen tiedon kirjaamiseen, loh-
koketjujen käytöstä ei ole kovinkaan suurta hyötyä. Myös esimerkiksi viranomaisten arvot
ja asenteet vaikuttavat järjestelmän toteuttamisen kannattavuuteen. Vaikka rekisterin avulla

voisi luotettavasti osoittaa esimerkiksi omistavansa jonkun toisen henkilön käytössä olevan kiinteistön, jos paikalliset viranomaiset eivät tee asialle mitään, lohkoketjujärjestelmästä ei ole kovinkaan paljon suurempaa hyötyä kuin muustakaan rekisterijärjestelmästä.

Tästä asiasta keskusteltiin myös kirjallisuuskatsauksessa rekisterinpitoon liittyviä haasteita käsittelevässä alaluvussa. Lohkoketjuja hyödyntävän järjestelmän toteuttamisessa tuleekin huomioda myös ympäröivän yhteiskunnan merkitys sekä järjestelmän käyttäjien arvot ja asenteet. Joissain tapauksissa lohkoketjut auttavat luottamuksen ja läpinäkyvyyden lisäämisessä, mutta sosiaalisten haasteiden merkitystä ei tule aliarvioida. Muutama haastateltava totesikin, että tietyissä tapauksissa lohkoketjuteknologiaan perustuvat järjestelmät tuntuvat toimivan parhaiten sellaisissa yhteiskunnissa, joissa niitä ei välttämättä tarvittaisi.

5.4 Tekniset asiat

Haastateltavilta tiedusteltiin myös erilaisia teknisiä asioita, joita lohkoketjuteknologian mahdollisessa soveltamisessa tulee huomioda. Tässä alaluvussa käydään läpi lohkoketjun tyyppiin, konsensusmekanismiin sekä toimijoihin liittyviä huomioitavia asioita.

5.4.1 Lohkoketjujen tyypit

Haastateltavien mukaan lohkoketjuratkaisuja on hyvin erityyppisiä riippuen esimerkiksi konsensusmekanismista ja muista teknisistä toteutustavoista. Muutama haastateltava totesi kuitenkin lohkoketjun tyyppien perustavanlaatuisiksi jaoksi sen, onko lohkoketju julkinen vai yksityinen. Monet eivät pidä täysin yksityistä lohkoketjua lohkoketjuna ollenkaan, vaan enemmän perinteisenä hajautettuna tietokantasovelluksena, joka voi olla varmennettu jollain tavalla. Yksityinen lohkoketju voi kuitenkin olla myös useamman tahon välinen ratkaisu, jossa ennalta määrätty toimijat osallistuvat lohkoketjun ylläpitoon. Osa haastateltavista luokitteli useamman tahon väliset suljetut lohkoketjut konsortiolohkoketjuiksi, ja osa piti niitä yksityisinä lohkoketjuina suljetun rakenteensa vuoksi. Lohkoketjujen tyypejä tarkasteltaessa tärkeäksi jaoksi koettiin myös se, toimiiko lohkoketju avoimessa verkossa vai tarvitaanko sen toimintaan osallistumiseen lupa, eli onko kyse luvanvaraisesta ketjusta.

Lohkoketjun tyypin valinnassa on tärkeä huomioda toimijoiden välinen luottamusmalli, eli kuinka paljon osapuolet luottavat toisiinsa, vai luottavatko ollenkaan. Mikäli jonkinlainen luottamus löytyy, lohkoketju voi olla tyyppiltään yksityisempi ja suljetumpi. Esimerkiksi Bitcoin- ja Ethereum-verkot ovat julkisia ja avoimia, ja ne eroavat hyvinkin paljon ratkaisuksista, joita voidaan tehdä luotetummassa ympäristössä. Luotetummassa ympäristössä lohkoketju voidaan toteuttaa esimerkiksi laskennallisesti paljon pienemmällä kapasiteetilla, eikä ratkaisun rakennetta tarvitse toteuttaa niin monimutkaisesti kuin julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa. Vaikka julkiset lohkoketjut tarjoavat paljon hyötyjä, niiden mukana tulee uudenlaisia haasteita, joista kaikkiin ei vielä välttämättä osata varautua. Sen vuoksi ainakin tällä hetkellä todellisia käyttötapauksia toteutetaan pitkälti luvanvaraisissa verkoissa. Ihmiset ja teknologia eivät välttämättä ole vielä valmiita tunnistamaan kaikkia mahdollisuuksia ja uhkia, joita erityisesti avointen lohkoketjujen käyttö tuo mukanaan. Osaamisen ja ymmärtämisen kasvaessa voi olla mahdollista, että lohkoketjuja aletaan toteuttaa enemmän myös avoimempina ja julkisempina ratkaisuin.

Haastateltavien mukaan lohkoketjun tyypin valinnassa tulee huomioda esimerkiksi ongelmakenttä ja hallintamalli. Täytyy ymmärtää, mihin lohkoketjuja ollaan soveltamassa ja löytää perustelut sille, miksi lohkoketjuteknologian avulla toteutettava ratkaisu on tarpeellinen.

Hallintamallia pohtiessa tulee selvittää esimerkiksi se, mitä muita toimijoita lohkoketjun toimintaan osallistuu, millaista tietoa siellä käsitellään, mitkä tiedot ovat julkisia ja mitkä puolestaan tarvitsevat salausta. Yksityisemmissä lohkoketjuissa täytyy miettiä esimerkiksi erilaisten käyttöoikeuksien tarvetta. Näiden perusteella voidaan pohtia, sopiiko tarkoitukseen julkinen vai yksityinen lohkoketju, ja toimiiko se avoimessa vai luvanvaraisessa verkossa. Lohkoketjun tyyppin valinnalle tulee löytyä perustelut käyttötapauksen vaatimien ominaisuuksien avulla.

Tällä hetkellä monet lohkoketjuteknologian käyttökohteet sisältävät kryptovaluuttaa. Lohkoketjun tyyppin valinnassa tuleekin pohtia, onko ketjun ylläpidossa tarvetta sisäiselle valuutalle. Myös tapahtuvien transaktioiden määrä tulee huomioida, jotta lohkoketjusovelluksen avulla voidaan käsitellä tarvittava määrä transaktioita riittävän nopeasti. Muutama haastateltava mainitsi esimerkiksi Ethereum-pohjaisen ratkaisun mahdollistamat älykkäät sopimukset ja niiden tuomat muutokset mahdollisessa käyttötapauksessa. Bitcoin-perusteisiin ketjuihin on tarkoitus tallentaa transaktiodataa, kun taas Ethereum-pohjaisiin järjestelmiin voi tallentaa logiikkaa, kuten automatisoituja ja itsensä määritettyjen ehtojen täytyessä toteuttavia älykkäitä sopimuksia. Lohkoketjun tyyppiä määrittäessä onkin hyvä ottaa huomioon myös älykkäiden sopimusten mahdollisesti tarjoamat hyödyt pohdittuun käyttötapaukseen.

5.4.2 Konsensusmekanismit

Haastateltavien mukaan erilaisia konsensusmekanismeja on jo tällä hetkellä olemassa lukuisia erilaisia. Oikean menetelmän valinta riippuukin hyvin paljon käyttötapauksesta sekä siitä, kuinka paljon verkon toimijoihin luotetaan. Näin ollen täytyy selvittää, millä tahoilla voi olla kannuste toimia väärin ja hyödyntää lohkoketjujärjestelmää omaksi edukseen. Sen jälkeen on pohdittava, millaisia varmennusmekanismeja tarvitaan väärinkäytön estämiseksi tai ainakin siihen, että muut toimijat huomaavat vilpillisen toiminnan. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että mitä vähemmän lohkoketjun toimijat luottavat toisiinsa, sitä monimutkaisempi ja raskaampi konsensusmekanismi tarvitaan luottamuksen ja tiedon eheyden osoittamiseksi. Mekanismi voi olla hyvinkin yksinkertainen, mikäli kontrolli sen hallinnasta on pienellä määrällä toimijoita, jotka luottavat toisiinsa.

Konsensusmekanismin valitaan vaikuttaa hyvin paljon se, toimitaanko avoimessa vai luvanvaraisessa verkossa. Bitcoin-verkossa käytettävä Proof of Work -menetelmä on todettu hyvin kestäväksi ja toimivaksi konsensusmekanismiksi luottamuksen suhteen avoimessa ja julkisessa verkossa. Menetelmään sisäänrakennettu louhintamekanismi toimii kannustimena, sillä se kannustaa louhijoita investoimaan verkon ylläpitoon louhimisesta saatavien palkkioiden toivossa. Erilaisia tarvittavia kannustinmenetelmiä tuleekin pohtia erityisesti avoimen ja julkisen lohkoketjun tapauksessa. Proof of Work -menetelmä kuitenkin kuluttaa erittäin paljon energiaa, ja verkon koon kasvaessa ja louhimisen vaikeutuessa se tulee kuluttamaan entistä enemmän energiaa. Menetelmä on myös melko hidas ja työläs, ja sen käyttö hankaloituu verkon koon kasvaessa. Näin ollen Proof of Work -menetelmän käyttämistä muussa kuin Bitcoin-verkon tyyllisessä lohkoketjusovelluksessa tulee harkita erityisen tarkasti. Proof of Stake -menetelmässä puolestaan laskentatehon käyttö korvataan sillä oletuksella, että kaikilla toimijoilla on yhteinen intressi ylläpitää verkkoa. Tällöin konsensusmekanismi vaatii paljon vähemmän energiaa ja muita resursseja.

Luvanvaraisissa ja suljetummissa verkoissa puolestaan voidaan usein käyttää huomattavasti kevyempiä konsensusmekanismeja, joista puuttuu yleensä louhinta kokonaan. Näissä verkoissa toimijat lähtökohtaisesti luottavat toisiinsa ainakin osittain. Tärkeää onkin esimerkiksi ottaa huomioon se, miten verkon käyttäjät tunnistetaan ja näin ollen varmistetaan, että kyseessä on oikea henkilö tai taho. Tunnettujen toimijoiden kesken voitaisiin esimerkiksi käyttää jonkinlaista äänestysmekanismia konsensuksen luomiseen, eli tiedot todettaisiin oikeiksi esimerkiksi silloin, kun riittävä määrä ylläpitäjistä on sitä mieltä. Valittava konsensusmekanismi riippuu myös esimerkiksi verkon toimintaperiaatteista ja siitä, mitä verkossa on tarkoitus tehdä. Mikäli lohkoketjun käyttötapaus toteutetaan esimerkiksi jollain valmiilla alustalla, konsensusmekanismina toimii yleensä kyseisen alustan perusinfrastruktuurista löytyvä mekanismi. On hyvä tiedostaa, että avoimissa verkoissa käytettävät konsensusmekanismit takaavat luottamuksen hyvin eri tavalla kuin luvanvaraisissa verkoissa käytettävät mekanismit.

5.4.3 Toimijat

Haastateltavilta tiedusteltiin myös lohkoketjun ylläpitoon ja toimintaan tarvittavia toimijoita. Toimijoiden tarve ja valinta riippuvat hyvin pitkälti siitä, millaista lohkoketjusovelusta ollaan ottamassa käyttöön ja mihin tarkoitukseen. Yksinkertaisesti ajateltuna avoimessa ja julkisessa verkossa louhijat ovat tärkeässä asemassa lohkoketjun ylläpidossa, sillä louhinnan avulla luodaan varmistus lohkoketjun eheydelle. Muita toimijoita ovat esimerkiksi suuri määrä osallistujia, jotka toimittavat erilaisia transaktioita lohkoketjuun. Lisäksi ketjun hallintaan osallistuvat tahot ylläpitävät solmuja, joihin on tallennettu kopio käsiteltävästä tietokannasta. Suljetummassa ja luotetummassa verkossa toimijat ja heidän roolinsa voivat olla kuitenkin hyvin erilaisia avoimeen verkkoon verrattuna, eikä esimerkiksi louhijoita ole välttämättä ollenkaan. Lohkoketjun toimijat ja heidän roolinsa riippuvatkin hyvin paljon siitä, missä määrin toimijat luottavat toisiinsa, vai onko luottamusta ollenkaan.

Lohkoketjujen yksi potentiaalinen etu on se, että teknologian käyttö voisi mahdollistaa halutun datan avaamisen ulkopuolisille käyttäjille valikoidusti. Monissa lohkoketjuteknologian käyttötapauksissa tarvitaankin tietynlainen hallintamalli, joka vaikuttaa tarvittaviin toimijoihin. Hallintamallin avulla määritellään esimerkiksi se, miten lohkoketjua hallinnoidaan, ketkä voivat osallistua lohkoketjun toimintaan, ja millaisia velvollisuuksia ja oikeuksia toimijoilla on. Hallintamalli vaikuttaa myös siihen, millaisia sääntöjä lohkoketjun toiminnassa noudatetaan, ja miten uusia ominaisuuksia tai sääntöjä voidaan ottaa mukaan verkkoon. Verkon osallistujien määrittäminen ja toiminta vaativat myös prosessiajattelua, sillä kaikkea ei välttämättä voida automatisoida ja osallistujien tuleekin tietää, missä vaiheessa heidän kuuluu osallistua prosessiin. Ne prosessit, jotka voidaan automatisoida, tapahtuvat puolestaan hallintamallissa sovittujen sääntöjen puitteissa.

5.5 Käyttöönotto

Monet haastateltavat totesivat, että lohkoketjuteknologian käyttöönottoa miettiessä tulee ensimmäisenä selvittää se, onko lohkoketjujen käyttö tarpeellista ja kannattavaa kyseisessä käyttötarkoituksessa. Näin ollen täytyy määritellä ongelma sekä pohtia lohkoketjujen tarjoamia hyötyjä ja sitä, tarvitaanko käyttötarkoituksessa juuri kyseisiä hyötyjä. On myös tärkeä tunnistaa järjestelmässä tarvittavat toimijat ja se, paljonko toimijoita on. Lohkoketjujen käyttö tuo yleensä hyötyjä usean toimijan ympäristössä, ja esimerkiksi yhden tahon ylläpitämä lohkoketju on harvoin järkevä ratkaisu. Mikäli toimijoita ei ole useita, yleensä perin-

teiset tietokantaratkaisut ovat sopivampia käyttötarkoitukseen. Lohkoketjujen käytöllä voidaan vähentää yhden tahon ylläpitoa hajauttamalla usean toimijan käyttämän järjestelmän ylläpitoa, ja myös toimijoiden väliseen luottamukseen liittyviä asioita voidaan kehittää. Keskeinen ero perinteiseen käyttöönottoprosessiin onkin esimerkiksi se, että prosessiin liittyy useita toimijoita.

Käyttöönottoprosessia pohtiessa on myös tärkeä määritellä, mitkä ovat lohkaketjuun tallennettavat transaktiot. Täytyy myös selvittää, halutaanko järjestelmän vain pitävän kirjaa transaktioista, vai onko tarvetta myös älykkäiden sopimusten kaltaiseen ratkaisuun, jolloin järjestelmä ohjelmoidaan toimimaan itsenäisesti tiettyjen ehtojen täytyessä. Näin ollen on hyvä pitää selkeänä mielessä, mitä järjestelmältä ja muutokselta halutaan, ja millaisia muutoksia lohkaketjujen käyttö aiheuttaisi toimintaan. Toimijoiden välisen luottamuksen selvittäminen on myös tärkeää, sillä se vaikuttaa toteutettavaan ratkaisuun hyvinkin paljon. Toimijoiden tulee nähdä lohkaketjun ylläpitämiselle jokin arvo, ja sen vuoksi tällä hetkellä monissa julkisissa lohkaketjuissa käytetään kryptovaluuttaa kannustimena. Tällöin täytyykin miettiä, millainen alusta käyttötarkoituksen tarpeisiin soveltuu.

Muutama haastateltava suositteli myös tekemään proof of conceptin eli sovellusselvityksen, jossa laaditaan ratkaisun minimitoiminnallisuus ja näin ollen voidaan testata sen toimivuutta ja käytettävyyttä rajatusti. Kun sovellusselvitys yksinkertaisesta käyttötapauksesta on valmis, voidaan alkaa pohtia laajemmin teknologian käytettävyyttä ja mahdollista käyttöönottoa. Osa haastateltavista kuitenkin korosti, että tällä hetkellä mitään olemassa olevia järjestelmiä ei pidä hajottaa, sillä lohkoketjuteknologian hyödyntämiseen liittyy vielä paljon erilaisia epävarmuustekijöitä. Teknologia on vielä kehittymässä, joten vasta muutaman vuoden päästä voidaan mahdollisesti hajottaa jotain olemassa olevia rakenteita alta pois.

Haastateltavilta tiedusteltiin myös sitä, vaatisiko lohkaketjujen käyttöönotto uuden tietojärjestelmän, vai voisiko sitä integroida olemassa oleviin järjestelmiin. Tämän todettiin riippuvan hyvin paljon nykyisestä tietojärjestelmästä ja sen tilasta, mutta monissa tapauksissa uskottiin integroinnin riittävän. Mikäli nykyisestä järjestelmästä saadaan esimerkiksi poimittua tarvittavat transaktiot lohkaketjuun, lohkoketju omana sovelluksenaan ja teknologianaan toisi lisää luottamusta. Lohkoketjujen käyttöönoton avulla voidaankin luoda yhtenäinen järjestelmä usean tahon välille. Lohkoketjujen käyttöönotto voi kuitenkin aiheuttaa muutoksia olemassa oleviin järjestelmiin, ja lisäksi esimerkiksi järjestelmän käyttäjien toimintaan ja käyttäytymiseen. Aluksi voikin olla hankala sisäistää, että lohkoketjuihin tallennettu tieto on siellä lähtökohtaisesti pysyvästi, eikä virheitä välttämättä voi korjata yhtä helposti kuin ennen.

Haastateltavien mukaan lohkoketjuteknologian käyttöön ja käyttöönottoon liittyvät kustannukset voivat vaihdella hyvinkin paljon riippuen esimerkiksi lohkaketjun julkisuudesta tai luvanvaraisuudesta sekä konsensusmekanismista. Kustannuksiin vaikuttaa olennaisesti toteutustapa, eli toteutetaanko lohkoketju esimerkiksi jonkin valmiin alustan avulla. Esimerkiksi Ethereumin päällä toimiessa järjestelmän kustannuksiin vaikuttavat kyseiseen alustaan liittyvät kustannukset. Lisäksi kaupallisten alustojen kustannukset voivat erota hyvinkin paljon siitä, jos toteuttaisi ratkaisun itse hyödyntämällä kaikkien saatavilla olevaa open source -dataa.

Käyttöönoton alussa kustannukset muodostuvat lähinnä työkustannuksista liittyen sovellusselvityksen tekemiseen sekä järjestelmän kehittämiseen. Elinkaaren aikaisiin kustannuksiin puolestaan vaikuttavat transaktiomaksujen suuruus ja käytettävä konsensusmekanismi, eli

millaisia louhintapalkkioita erityisesti julkisten verkkojen louhijoille tulee maksaa. Lisäksi julkisissa verkoissa, kuten Bitcoinissa ja Ethereumissa käytettävien kryptovaluuttojen arvo on noussut huimasti viime vuosina. Tällöin myös transaktiokustannukset kasvavat, ja jossain vaiheessa tietyt lohkoketjut ja niissä käytettävät konsensusmekanismit voivat vaatia jopa niin suuria operointikustannuksia, ettei teknologian soveltaminen samantyyliisiin ratkaisuihin ole enää kannattavaa. Kryptovaluutoiden arvon heilahtelu ja nousu vaikuttavatkin siihen, että transaktiokustannuksia on vaikea ennustaa etukäteen ja ne voivat mahdollisesti nousta paljonkin.

Kun järjestelmä saadaan toimimaan, ja jos se toimii hajautetussa ympäristössä ja hyödyntää jotain olemassa olevaa infrastruktuuria, maksetaan käytännössä vain tapahtuvista transaktioista. Tällöin yrityksen kustannusarkkitehtuuri on ideaalitalanteessa mahdollista muuttaa transaktiopohjaiseksi järjestelmäksi, eli kiinteät kustannukset vaihtuisivat muuttuviin kustannuksiin. Monet haastateltavat kuitenkin korostivat, että tällä hetkellä on hankala sanoa, millaisia lohkoketjuteknologian käytön ja käyttöönoton kustannukset todellisuudessa ovat, ja miten ne määräytyvät tulevaisuudessa. Osa oli sitä mieltä, että toteutustavasta ja konsensusmekanismista riippumatta teknologian käyttö tulee olemaan ainakin jonkin verran perinteisiä menetelmiä kalliimpaa. Osa puolestaan totesi, että tietyissä järjestelmissä transaktiokustannukset voidaan saada alhaiselle tasolle. Lisäksi elinkaaren aikana tapahtuvat kustannukset voivat olla melko pieniä, jos osapuolten roolit sekä lohkoketjuun tallennettavat tiedot on määritelty tarkasti, ja esimerkiksi järjestelmän skaalautuvuus on huomioitu jo alussa.

5.6 Mahdolliset sovelluskohteet ja rekisterinpito

Haastateltavilta kysyttiin myös, millaisiin sovelluskohteisiin lohkoketjuteknologia heidän mielestään voi soveltua, ja millaisiin käyttötarkoituksiin se ei ainakaan sovellu. Monet olivat yksimielisiä siitä, ettei teknologia sovellu datan varastointiin, vaan yksinkertaisen tiedon tallentamiseen. Muutama totesi myös, ettei teknologia sovellu tällä hetkellä tilanteeseen, jossa transaktiovolyymi on korkea ja transaktioita tapahtuu nopeaan tahtiin. Lohkoketjuteknologiaa voi olla myös hankala hyödyntää finanssialan peruspalveluihin, sillä siellä on jo olemassa ratkaisuja, ja lisäksi usein halutaan säilyttää olemassa oleva luottamusverkko. Finanssipuolella erilaisissa transaktioissa kuitenkin siirretään arvoa, ja sekä siihen että tapahtumien jäljittämiseen lohkoketjut ovat perinteisesti soveltuneet hyvin.

Potentiaalisessa käyttökohteessa tulee olla useita osapuolia ja hajautetusta ympäristöstä on oltava hyötyä, jotta lohkoketjuteknologian käyttöä kannattaa harkita. Jonkin asian tai tuotteen alkuperän varmistaminen ja elinkaaren seuraaminen sekä erilaisten rekisterien ylläpito koettiin teknologian mahdollisiksi sovelluskohteiksi. Esimerkiksi brittiläisen yrityksen, Everledgerin, tarjoaman lohkoketjupalvelun avulla voidaan varmistaa timanttien alkuperä ja näin ollen niiden aitous. Lohkoketjuteknologia voi olla potentiaalinen ratkaisu myös julkisissa rekistereissä, joissa tiedon luotettavuus ja eheys tulee taata. Erilaisia sovelluksia näyttää rakentuvan ensimmäisenä luotettuihin ympäristöihin, joissa voidaan teknologian avulla säännöllistää tekemistä ja vähentää eri järjestelmien välistä integraatiota.

Monen haastateltavan mukaan on kuitenkin vielä vaikea sanoa, millaiseen käyttötarkoitukseen lohkoketjuteknologia olisi varmasti sopiva ratkaisu. Teknologia on kehitysvaiheessa ja sen ympärillä on paljon hypeä, eikä vielä ole tullut vastaan kovinkaan paljon erittäin onnistuneita pilottihankkeita. Lohkoketjujen arvokkaimmat sovelluskohteet voivat löytyä sellaisista tapauksista, joissa teknologian avulla saadaan kehitettyä uudenlaisia palveluita. Näin

ollen vanhojen olemassa olevien ja hyvin toimivien palvelujen siirtäminen lohkoketjuun ei välttämättä tuo kovin suuria hyötyjä. Lohkoketjujen avulla toteutetut uudet palvelut voivat kuitenkin vaikuttaa nykyisiin rakenteisiin esimerkiksi siten, että jokin toiminta ei enää sido tiettyyn ammattiryhmään, vaan alalle voi ilmestyä uusia kilpailijoita. Muutama haastateltava totesi lohkoketjuilla olevan mahdollisuuksia myös esineiden internetiin liittyen, eli IoT-laitteiden kytkeminen lohkoketjuun voisi tuoda uudenlaisia hyötyjä.

Haastateltavien kanssa pohdittiin myös lohkoketjuteknologian soveltuvuutta liittyen erityisesti kiinteistöjärjestelmän rekistereihin ja omistajanvaihtoihin. Monet kokivat aihepiirin olevan mielenkiintoinen lohkoketjujen soveltamisen kannalta, ja näin ollen hyvinkin yksi mahdollinen teknologian käyttökohde. Esimerkiksi kiinteistön tai asunnon kaupassa on osallisena monta eri tahoa, ja prosessissa on tärkeää se, missä vaiheessa mitään tehdään. Kaikkien asioiden tulee toimia sovitusti, ja rahasumman sekä tarvittavien dokumenttien tulee siirtyä sillä hetkellä kun pitääkin. Näitä tilanteita voitaisiin automatisoida osittain esimerkiksi älykkäiden sopimusten avulla, ja lohkoketjusta voitaisiin nähdä jälkikäteen tapahtumien koko ketju ja elinkaari. Tällöin olisi mahdollista saada selville hyvinkin reaaliaikaisesti se, mitä on tapahtunut, missä järjestyksessä, ja kuka on tehnyt mitään. Lohkoketjupohjaisen järjestelmän nähtiin tuovan myös läpinäkyvyyttä kauppatilanteisiin, ja tällöin eri tahojen olisi helpompi toimia oikealla tavalla oikeaan aikaan.

Myös kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa tulisi miettiä tarkkaan, mitä lohkoketjuun tallennetaan. Näitä tietoja voisivat olla haastateltavien mukaan esimerkiksi omistajanvaihtotapahtumat tai jokin muu lopputulos, joka halutaan säilyttää. Tallennettuihin tietoihin liittyvät dokumentit tulisi säilyttää jossain muussa järjestelmässä, ja lohkoketjuun tallennetut tiedot linkitettäisiin niihin. Lohkoketjun tietoihin liittyen voitaisiin määrittää myös erilaisia lukuoikeuksia, joiden avulla määriteltäisiin eri tahojen pääsy tarkastelemaan järjestelmän tai rekisterin tietoja. Lohkoketjupohjaisen järjestelmän hajautettu rakenne lisäisi myös rekisterinpidon turvallisuutta esimerkiksi tietohyökkäyksen tai laajan vian sattuesssa, sillä järjestelmä ei olisi enää yhden keskitetyn ylläpidon varassa.

5.7 Lainsäädäntö

Haastatteluissa tiedusteltiin haastateltavien näkemyksiä lohkoketjuteknologiaan liittyvistä lainsäädännöllisistä asioista. Lohkoketjujen osalta lainsäädännön vaikutuksia on vielä hankala arvioida, sillä siihen liittyvää selkeää lainsäädäntöä ei ole vielä olemassa. Myöskään aiheeseen liittyviä ennakkotapauksia ei ole vielä ollut, joten niistäkään ei ole muodostunut oikeuskäytäntöjä. Tällä hetkellä ei välttämättä edes tiedetä, mitkä kaikki lait lohkoketjuteknologian soveltamisessa tulee ottaa huomioon. Näin ollen moni koki lohkoketjuteknologian juridisesti hankalaksi ympäristöksi ja osittain myös harmaaksi alueeksi, joka hidastaa teknologian käyttöönottoa.

Monet haastateltavat totesivat, että lainsäädäntö tulee saada mukaan lohkoketjujen soveltamiseen, sillä ratkaisuja ja liiketoimintaa ei voi tehdä, ellei se ole laillista. Tämän vuoksi myös juristeja tarvitaan teknologian sovelluskohteiden pohtimiseen, jotta voidaan välttää esimerkiksi hyvin edenneen kehitysprojektin kaatuminen lainsäädännöllisiin asioihin. Osan mielestä tällä hetkellä aliarvioidaan lohkoketjujen käyttöön liittyviä juridisia ongelmia, joten niitä tulisi miettiä enemmän käyttötapauksia selvittäessä. On kuitenkin vielä vaikea arvioida, millaisia muutoksia lohkoketjuteknologian käyttö tulee aiheuttamaan lainsäädäntöön. Myös muutosten suuruus voi vaihdella pienistä tarkennuksista suuriinkin muutoksiin. Lainsäädännön muutokset selkeytyvät ajan kanssa, mikäli lohkoketjuteknologian käyttö yleistyy.

Muutama haastateltava toi esille myös lainsäädännölliset ongelmat liittyen älykkäisiin sopimuksiin. Mikäli niiden käyttö yleistyy, tulee olla selvää, miten niitä laaditaan ja miten niistä saadaan sellaisia, kuin aiottiin. Täytyy saada myös selvyys siihen, onko älykkään sopimuksen pohjalta tehty transaktio juridisesti pitävä. Tässä nousee esille kysymys siitä, miten pitkälle nykyistä sopimusjuridiikkaa voidaan ulottaa älykkäiden sopimusten pohjalta tapahtuviin transaktioihin. Älykäs sopimus voidaan nähdä nimenä harhaanjohtavaksi, sillä kaikissa tapauksissa se ei täytä sopimuksen piirteitä, ja joissain tapauksissa ollaan hyvin rajalla siinä, onko kyseessä sopimus vai ei. Lainsäädännössä on myös paljon asioita, joita ei välttämättä voi ohjelmoida mitenkään. Näin ollen tulee selvittää tarkasti, millaisia lakipykäläiä ja niihin liittyviä yksityiskohtia älykkäillä sopimuksilla voidaan todellisuudessa automatisoida. Lohkoketjuteknologian sovelluskohdetta pohtiessa tulee huomioda myös tapauskohtaiset lait, sillä esimerkiksi rekisterien ylläpitoon liittyy erilaisia lakeja.

Haastateltavien kanssa pohdittiin erikseen kirjallisuuskatsauksessakin esitellyn, EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen vaikutuksia lohkoketjuteknologian käyttöön. Monet kokivat ongelmalliseksi erityisesti asetuksessa vaaditun oikeuden tulla unohdetuksi, eli mahdollisuuden saada henkilötiedot poistettua järjestelmästä, mikäli niitä ei enää siellä tarvita. Tämä on osaltaan ristiriidassa lohkoketjujen toimintaperiaatetta vastaan, sillä lähtökohtaisesti lohkoihin tallennettuja tietoja ei saa muuttaa eikä poistaa jälkikäteen. Tietosuoja-asetus voi aiheuttaa ongelmia ja tulkinnanvaraisuutta myös esimerkiksi siinä, milloin lohkoketjun käyttötapauksessa on kyse henkilörekisteristä, johon asetusta tulee soveltaa. Voidaan joutua pohtimaan esimerkiksi sitä, muodostaako Bitcoin-verkon kaltaisessa pseudonyymissä ympäristössä toimiminen henkilörekisterin, mikäli on periaatteessa mahdollista selvittää transaktioiden tekijöiden identiteetit.

Osa haastateltavista kuitenkin totesi, ettei tietosuoja-asetuksen kanssa tule ongelmia, mikäli henkilötietoja ei tallenneta suoraan lohkoketjuun. Minkään arkaluontoisen tiedon tallentamista lohkoketjuun ei tällä hetkellä suositella, joten henkilötiedotkin voidaan tallentaa johonkin toiseen järjestelmään. Lohkoketjuun voidaan tallentaa tietoihin liittyvä tunniste, jonka avulla henkilötiedot voidaan hakea toisesta järjestelmästä. EU:n tietosuoja-asetuksen aiheuttamat vaikutukset riippuvatkin erittäin paljon lohkoketjuun tallennettavasta tiedosta ja siitä, milloin tietojen voidaan katsoa muodostavan henkilörekisterin.

5.8 Nykytila ja tulevaisuus

Haastateltavilta tiedusteltiin lohkoketjuteknologian nykytilaa ja esimerkiksi sitä, onko teknologia jo valmis hyödynnettäväksi, vai tuleeko yritysten ja organisaatioiden vielä odottaa sen kehittymistä. Lohkoketjuteknologian kehitys on tällä hetkellä hyvin kiivasta, eivätkä nykyiset ratkaisut välttämättä ole niitä, jotka ovat parhaita ja vakiinnuttavat asemansa erilaisissa käyttötapauksissa. Monen mielestä tällä hetkellä on tärkeä perehtyä asiaan laajemmin ja hankkia ymmärrystä esimerkiksi siitä, miten teknologia oikeasti toimii ja millaisia vaikutuksia sillä voi olla. Ymmärtäminen vaatii myös uudenlaista ajattelua sekä vanhoista toimintamalleista irrottautumista. Haastateltavat suosittelivat kuitenkin varovaista mukanaoloa ja esimerkiksi verkoston kartoittamista ja rakentamista toimijoista, jotka olisivat kiinnostuneita ja valmiita tulemaan mukaan, jos lohkoketjuratkaisua lähdetäisiin kehittämään. Lisäksi suositeltiin teknologiaan liittyviä kokeiluja ja pilottihankkeita esimerkiksi pienillä panoksilla, jotta saadaan käytännön kokemusta ja ymmärrystä lohkoketjuteknologiasta ja sen mahdollisista käyttötapauksista. Kuitenkaan mitään olemassa olevia järjestelmiä ei tule vielä rikkoa teknologiaan liittyvien riskien ja epävarmuustekijöiden vuoksi.

Nykytilan lisäksi haastateltavien kanssa keskusteltiin lohkoketjuteknologian tulevaisuudesta. Osa oli sitä mieltä, että lohkoketjuteknologia on toimintatapoja ja -ympäristöjä mullistava keksintö, kun taas osa puolestaan totesi, että mullistavuus jää nähtäväksi ja sitä voidaan arvioida vasta pidemmällä aikavälillä. Lohkoketjuteknologia tarjoaa paljon lupauksia, mutta siihen liittyy myös paljon haasteita. Moni näki teknologiassa kuitenkin potentiaalia esimerkiksi siinä, että se saattaa nostaa pinnalle uusia toimijoita, jotka eivät ole aiemmin kyenneet haastamaan olemassa olevia keskitettyjä toimijoita. Lisäksi teknologian hyödyntäminen saattaa lopulta tapahtua hyvinkin yllättävissä paikoissa riippuen esimerkiksi siitä, missä tapauksissa luottamusrakenteita voidaan muokata lohkoketjuihin perustuvaksi.

Muutaman haastateltavan mukaan teknologian ympärillä on esiintynyt visioita esimerkiksi siitä, että kaikki maksuliikenne hoidettaisiin tulevaisuudessa kryptovaluutoilla, tai ettei enää tarvittaisi ollenkaan luotettuja osapuolia, kun kaikki asiat hoidettaisiin esimerkiksi älykkäillä sopimuksilla. Nämä kuitenkin nähtiin kaukaa haetuiksi ja liioitelluiksi tulevaisuudenkuviksi. Jonkinlaisia muutoksia teknologia tulee haastateltavien mukaan joka tapauksessa aiheuttamaan, sillä se tekee esimerkiksi kahden toisilleen tuntemattoman tahon välisen asioinnin helpommaksi ja mahdollistaa sitä kautta uusia asioita. Lohkoketjuteknologia voi myös mahdollistaa sellaisia asioita, joita ei vielä tällä hetkellä edes tiedetä ja ymmärretä. Nähtäväksi kuitenkin jää esimerkiksi se, miten paljon teknologian käyttö tulee näkymään tavallisessa arjessa.

5.9 Muita huomioitavia asioita

Haastatteluissa tuli esille myös jonkin verran muita lohkoketjuteknologiaan liittyviä huomioita. Muutama haastateltava korosti älykkäiden sopimusten merkitystä ja sitä, että lohkoketjuteknologian komponenteista ne voivat tällä hetkellä tarjota eniten hyötyä yrityksille. Älykkäiden sopimusten ympärille voidaan rakentaa kehittyneitä ja monipuolisia palveluverkostoja liittyen esimerkiksi rekisterinpitoon tai usean osapuolen välisiin toimitusketjuihin, jotka liittyvät jonkin arvon transaktioon. Älykkäillä sopimuksilla voidaan rakentaa toimintalogiikka ja ohjelmoida, miten ja milloin tietyt asiat tapahtuvat. Lohkoon puolestaan kirjataan vain transaktion tulokset eli esimerkiksi se, mitä on tapahtunut milloinkin, ja kuka transaktion on tehnyt. Näin ollen älykkäistä sopimuksista ja niiden toiminnallisuudesta tulisi muuttaman haastateltavan mukaan keskustella enemmän.

Osa haastateltavista toi esille sen, että niin lohkoketjuteknologiassa kuin muissakin uusissa teknologioissa tulisi miettiä enemmän sitä, millaista arvomaailmaa teknisiin järjestelmiin ohjelmoidaan, ja millaisia vaikutuksia niillä on esimerkiksi ihmisten käyttäytymiseen. Järjestelmän kehityksessä tulisikin ohjelmoida erilaiset valinnat tietoisesti, ja teknologisten ratkaisujen vaikutuksia pitäisi miettiä myös pidemmällä aikavälillä. Lisäksi osa haastateltavista korosti standardisoinnin merkityksen tärkeyttä lohkoketjuteknologian kehityksessä. Tällä hetkellä ei vielä ole standardeja liittyen lohkoketjujen rakentamiseen, joten monissa kokeiluissa toimijat kehittävät teknologiaa ja ratkaisuja hyvin pitkälti omasta näkökulmastaan. Lohkoketjujen laajempi yleistyminen vaatiikin standardisointia, ja sitä kautta selvyyttä esimerkiksi lohkoketjujen keskinäiseen toimintaan ja siihen, miten ketjuja liitetään olemassa oleviin järjestelmiin. Kansainvälinen standardisointityö liittyen lohkoketjuteknologiaan aloitettiin keväällä 2017, ja sen avulla on tarkoitus tuoda selvyyttä moniin teknologian kehitystä ja yleistymistä hidastaviin asioihin.

6 Johtopäätökset

Johtopäätöksissä esitellään tämän tutkimuksen keskeiset tulokset ja johtopäätökset. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta sekä pohditaan mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

6.1 Tutkimuksen keskeiset tulokset ja johtopäätökset

Lohkoketjuteknologia ja sen mahdollinen soveltuvuus kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan on tutkimusaiheena ajankohtainen. Tämä diplomityö liittyi Katasteri 2035 -tutkimushankkeeseen, jossa tutkitaan tulevaisuuden kiinteistöjärjestelmän kehitysnäkymiä, toimintaympäristön muutoksia sekä käyttäjien järjestelmälle asettamia muutospaineita. Näin ollen on ollut hyvä selvittää lohkaketjuteknologian soveltuvuutta ja sen tarjoamia mahdollisuuksia kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan. Lohkoketjuteknologia on myös teknologioiden näkökulmasta ajankohtainen tutkimusaihe, sillä se on melko uusi teknologia, jonka tutkimus, kehitys sekä mahdollisten sovelluskohteiden kartoitus on ollut kiivasta viime vuosina. Lohkoketjuteknologian ajankohtaisuutta kuvaa myös esimerkiksi teknologioiden kypsyyteen ja omaksumiseen liittyviä vaiheita esittävä Gartnerin hypekäyrä. Teknologia on saavuttanut ja ohittanut hypekäyrän huipun viimeisen vuoden aikana, ja se on vahvasti etenemässä käyrällä jo seuraavaan vaiheeseen. Hypekäyrän mukaan lohkaketjuteknologian käytön yleistymiseen ja sen laajamittaiseen omaksumiseen arvioidaan kuitenkin menevän vielä 5–10 vuotta.

Tässä diplomityössä selvitettiin lohkaketjuteknologian mahdollisessa soveltamisessa huomioitavia asioita. Tutkimuksessa käsiteltiin kirjallisuuskatsauksen avulla lohkaketjuteknologian toimintaa, ominaisuuksia, hyötyjä, haasteita sekä muita lohkaketjujen hyödyntämiseen liittyviä asioita. Lisäksi käsiteltiin lohkaketjuteknologian sovellusmahdollisuuksia, sen soveltuvuutta rekisterinpitoon sekä kansainvälisiä, kiinteistöjärjestelmään ja maanhallintaan liittyviä sovellusesimerkkejä. Myös Suomen kiinteistöjärjestelmän ja sen rekistereiden perusominaisuudet käytiin läpi. Diplomityössä toteutettiin kirjallisuuskatsauksen lisäksi asiantuntijoiden haastatteluja, joissa pyrittiin saamaan vastauksia kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittuihin kysymyksiin sekä löytämään uusia huomioitavia asioita lohkaketjuteknologian mahdolliseen hyödyntämiseen liittyen.

Diplomityössä pyrittiinkin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mikä on lohkaketjuteknologia, ja onko sitä jo hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa?
2. Mitä asioita tulee ratkaista ja ottaa huomioon, mikäli suunnitellaan lohkaketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen liittyviä asioita selvitettiin pääosin tämän työn kirjallisuuskatsauksen luvuissa 2 ja 4. Lohkoketjuteknologian ominaisuuksia ja sovelluskohteita kartoitettiin myös asiantuntijoiden haastattelujen avulla, joten tutkimuskysymykseen liittyviä asioita esiteltiin myös haastattelujen tuloksia käsittelevässä luvussa 5. Toiseen tutkimuskysymykseen liittyviä asioita puolestaan käsiteltiin pääosin kirjallisuuskatsauksen luvussa 2 sekä haastattelujen tuloksissa luvussa 5. Tämän työn muut luvut tukivat tutkimuskysymykseen vastaamista ja selvensivät tutkimuksen aiheeseen liittyvää käsitteistöä.

Diplomityön ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, mikä on lohkoketjuteknologia, ja onko sitä hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa. Kirjallisuuskatsauksessa selvisi lohkoketjuteknologian toiminta ja perusominaisuudet kattavasti. Lohkoketjuteknologia tarjoaa mahdollisuuden hajautetulle, läpinäkyvälle ja luotettavalle tietokannalle. Teknologian avulla toteutettu ratkaisu voi olla vaihtoehto nykyisille keskitetyille rakenteille, joissa järjestelmien ylläpito on jonkin keskitetyn toimijan tai tahon vastuulla. Lohkoketjujen avulla voidaan myös varmistaa tallennetun tiedon eheys ja alkuperäisyys, sillä tietoja ei voi muokata tai poistaa jälkikäteen muiden verkon osapuolten huomaamatta. Haastatteluissa selvisi myös se, että lohkoketjuteknologia ei sisällä teknisesti paljoakaan uutta, vaan siinä on lähinnä yhdistelty monia olemassa olevia teknologioita yhdeksi ratkaisuksi. Erilaisten tekniikoiden yhdistämisen vuoksi lohkoketjuteknologia kuitenkin mahdollistaa uusia asioita ja tarjoaa uudenlaisia hyötyjä. Teknologian avulla saattaa esimerkiksi olla helpompi toteuttaa sellaisia palveluita, joita ei ole aiemmin voitu toteuttaa kaikkien osapuolten luottaman keskitetyn toimijan puuttumisen vuoksi. Lisäksi teknologia voi tarjota ratkaisuja tilanteisiin, joissa läpinäkyväisyys tai keskitetty ratkaisu ovat tuottaneet ongelmia.

Lohkoketjuilla ei ole terminä yksiselitteistä määritelmää, ja ne voidaankin nähdä esimerkiksi tietorakenteena, teknologiapinona sekä yhteiskunnallisena ilmiönä. Lohkoketjujen yhteiskunnallista asemaa kuvaa esimerkiksi sen sijainti ja eteneminen Gartnerin hypekäyrällä, kun taas teknologiapinolla tarkoitetaan sitä, että lohkoketjujen hyödyntäminen koostuu useista tasoista. Tällä hetkellä monet lohkoketjuteknologiaan liitettävät yritykset keskittyvät toimimaan jollain teknologiapinon tasolla, kuten applikaatio- tai alustatasolla. Lohkoketjuteknologia tietorakenteena tarkoittaa puolestaan yleensä lohkoketjujen teknistä toimintaa ja siihen liittyviä ominaisuuksia. Teknologiassa tallennettava data säilötään lohkoihin, ja lohkot linkitetään toisiinsa datasta matemaattisesti lasketun, sekalaisen merkkijonon eli tiivisteen avulla. Tietty data tuottaa aina täsmälleen samanlaisen tiivisteen, joten sen avulla varmistetaan, että lohkon data on kaikilla verkon toimijoilla sama. Lohkoketjun varmentamiseen osallistuvat lukuisat solmut, jotka ovat verkon ylläpitäjien verkkoasemia. Jokaisella solmulla on kopio tai osittainen kopio lohkoketjusta ja sinne tallennetuista tapahtumista, eikä tallennettua dataa voi muokata tai poistaa muiden huomaamatta.

Kirjallisuuskatsauksessa lohkoketjuteknologian teknisiin ominaisuuksiin liittyviksi peruskomponenteiksi havaittiin hajautettu vertaisverkko, konsensusmekanismit, julkisen avaimen salaus sekä älykkäät sopimukset. Vertaisverkkoteknologia mahdollistaa lohkoketjujen hajautetun rakenteen ja ylläpidon, kun taas konsensusmekanismien avulla saavutetaan yhteisymmärrys verkon toimijoiden kesken. Julkisen avaimen salaus puolestaan liittyy verkon salausmenetelmään sekä mahdollisuuteen toimia siellä anonymisti tai salanimellä, ja lisäksi menetelmän avulla voidaan todeta verkon toimijoiden oikeellisuus ja hallita eri toimijoiden pääsyä lohkoketjuun tallennettuihin tietoihin. Sen sijaan älykkäiden sopimusten avulla lohkoketjuun voidaan tallentaa koodia, ja tällä tavoin voidaan esimerkiksi automatisoida tiettyjä tapahtumaketjuja toteutumaan ennalta määriteltujen ehtojen täytyessä.

Tässä tutkimuksessa käsiteltiin lohkoketjuteknologian haasteita sekä kirjallisuuskatsauksessa että haastattelututkimuksessa. Löydetyt haasteet on jaettu teknisiin, sosiaalisiin sekä juridisiin haasteisiin, jotka on esitetty taulukossa 2. Teknisistä haasteista ensimmäisenä on mainittu suuret datamäärät, joiden tallentamiseen lohkoketju ei ole kovin kannattava ratkaisu. Lohkoketjuun ei yleensä kannatakaan tallentaa itse dataa, vaan sovelluskohteeseen liittyviä olennaisia transaktioita. Teknologia voidaan kokea myös monimutkaiseksi, sillä se tuo mukanaan monia uudistuksia esimerkiksi teknologisiin ratkaisuihin ja liiketoimintaan liittyen. Vielä ei välttämättä edes hahmoteta, mihin kaikkeen sen mahdollinen yleistyminen

vaikuttaisi. Lohkoketjuun tallennettujen tapahtumien ja mahdollisten virheellisten tietojen muuttaminen ja korjaaminen on myös hankalaa, sillä teknologian yhtenä perusominaisuutena on tietojen muuttamattomuus.

Tietojen avoimuus lohkoketjussa luo paljon mahdollisuuksia, mutta myös erilaisia turvallisuuteen liittyviä haasteita erityisesti julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa. Haasteet riippuvat esimerkiksi sovelluskohteen hallintamallista sekä siitä, millaista tietoa lohkoihin säilötään ja miten sitä on salattu. Lisäksi käytettävyys on haaste esimerkiksi Bitcoin-verkossa, jossa vastaanottajan Bitcoin-osoitteen kirjoittaminen väärin tai oman yksityisen avaimen hukkaaminen voi johtaa varojen menetykseen. Käytettävyyden haasteet tulevat luultavasti vastaan erityisesti sellaisissa lohkoketjuratkaisuissa, joissa ei ole mitään keskitettyä tahoa, johon voisi olla yhteydessä ongelmatilanteissa. Skaalautuvuus ja energiankulutus puolestaan ovat haasteita erityisesti julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa. Kyseisiä lohkoketjuratkaisuja suunniteltaessa voi olla etukäteen vaikea arvioida, kuinka paljon käyttäjiä ja toimijoita tulee osallistumaan verkon käyttöön, sillä lohkoketjun avoimuus mahdollistaa periaatteessa kenen tahansa halukkaan osallistumisen. Luottamuksen takaamiseen käytettävä konsensusmekanismi vaikuttaa energiankulutukseen hyvin paljon, ja esimerkiksi Bitcoin-verkossa käytettävä louhinta kuluttaa erittäin paljon energiaa. Myös verkon toimijoiden määrä vaikuttaa energiankulutukseen, sillä yleensä toimijoiden määrän kasvaessa myös energiankulutus kasvaa.

Taulukko 2. Lohkoketjuteknologian haasteet

Tekniset	Suuret datamäärät
	Monimutkaisuus
	Virheiden korjaaminen
	Turvallisuus
	Käytettävyys
	Skaalautuvuus
	Energiankulutus
Sosiaaliset	Osaamisen puute
	Arvot ja asenteet
	Ympäröivä yhteiskunta
	Perimmäiset ongelmat esim. rekisterinpidossa
Juridiset	Ei selkeää lainsäädäntöä
	EU:n tietosuoja-asetus
	Älykkäiden sopimusten juridisuus

Taulukkoon 2 on kerätty myös lohkoketjuteknologian sosiaaliset haasteet. Osaamisen puute liittyy esimerkiksi teknologian monimutkaisuuteen ja näin ollen siihen, osataanko lohkoketjuja käyttää oikein ja oikeissa sovelluskohteissa. Mikäli lohkoketjuja yritetään soveltaa väärinlaisiin käyttötarkoituksiin tai käytettävä lohkoketjuratkaisu ei ole sopiva pohdittuun tarkoitukseen, lohkoketjujen käytöstä ei saavuteta sen tarjoamia hyötyjä. Osaamisen puute hylitseekin omalta osaltaan lohkoketjuteknologian käyttöönottoa. Haasteet arvoissa ja asenteissa puolestaan liittyvät esimerkiksi siihen, että uuden teknologian käyttöön voi liittyä aluksi haluttomuutta hyväksyä ja omaksua sitä. Lohkoketjujen avulla toteutettu ratkaisu ei myöskään estä virheellisen tiedon syöttämistä tai vahvistamista järjestelmään, joten verkon

toimijoiden käyttäytyminen ja ympäröivän yhteiskunnan toimintatavat vaikuttavat teknologian toimivuuteen. Lohkoketjuteknologia ei myöskään ratkaise esimerkiksi rekisterinpidon perimmäisiä ongelmia kehittyvissä maissa, joissa omistusoikeuksia on tällä hetkellä paljon rekisteröimättä. Omistusoikeuksien rekisteröintiin tarvittavat tiedot on esimerkiksi ensin kerättävä luotettavasti, ennen kuin lohkoketjujen käytöstä voidaan saavuttaa hyötyjä.

Juridiset ongelmat liittyvät erityisesti siihen, että lohkoketjuteknologia on melko uusi, eikä sitä koskevaa selkeää lainsäädäntöä ei ole vielä olemassa. Myöskään aiheeseen liittyviä ennakkotapauksia ei ole vielä käsitelty, joten niistäkään ei ole muodostunut oikeuskäytäntöjä. Näin ollen lohkoketjujen osalta lainsäädännön vaikutuksia ja mahdollisia lakimuutoksia on vielä hankala arvioida, eikä tällä hetkellä välttämättä edes tiedetä, mitkä kaikki lait lohkoketjuteknologian soveltamisessa tulee huomioida. EU:n yleinen tietosuoja-asetus voi myös tuoda haasteita lohkoketjujen käyttöön, mikäli teknologian avulla tallennetaan henkilötietoja siten, että tiedot muodostavat henkilörekisterin. Henkilötietojen tallentamiselle on kuitenkin muitakin vaihtoehtoja, ja tässä tutkimuksessa toteutettujen haastattelujen perusteella lohkoketjuun ei ainakaan tällä hetkellä kannata tallentaa suoraan mitään arkaluontoista tietoa. Myös älykkäiden sopimusten mahdollinen yleistymisen voi aiheuttaa juridisia haasteita liittyen esimerkiksi siihen, onko älykkään sopimuksen pohjalta tehty transaktio juridisesti pitävä, ja miten pitkälle nykyistä sopimusjuridiikkaa voidaan ulottaa älykkäiden sopimusten pohjalta tapahtuviin transaktioihin.

Tämän diplomityön ensimmäisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli myös selvittää, onko lohkoketjuteknologiaa hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa. Kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin lohkoketjuteknologian kansainvälisiä sovelluskohteita ja suunnitelmia liittyen kiinteistöjärjestelmän rekistereihin ja maanhallintaan. Taulukkoon 3 on kerätty sovelluskohteet sijainnin sekä ensisijaisen tavoitteen perusteella. Ruotsin projekti vaikuttaa raportoinnin perusteella olevan suunnitelmissa pisimmällä, ja projektin tarkoituksena on kehittää lohkoketjuteknologiaan ja älykkäisiin sopimuksiin perustuva mobiiliapplikaatio, jonka avulla voidaan nopeuttaa kiinteistökaupan prosessia. Tällöin kiinteistökaupan eri toimijat voivat toimia helpommin ja nopeammin yhdessä, ja prosessista tulee läpinäkyvämpi. Ruotsin projektissa ei kuitenkaan hyödynnetä lohkoketjuja varsinaisesti kiinteistöjärjestelmän rekistereihin, vaan kyse on ennemminkin transaktioprosessista.

Georgiassa, Hondurasissa, Ghanassa ja Intiassa puolestaan on tarkoituksena kiinteistöjen tai maapalstojen omistusoikeuksien rekisteröinti lohkoketjujen avulla. Georgiassa on ollut jo aiemmin vahva järjestelmä omistusoikeuksien rekisteröinnille, ja siellä lohkoketjuprojekti vaikuttaa edenneen edellä mainituista maista pisimmälle. Hondurasin osalta sen sijaan uutisoitiin joulukuussa 2015 ainakin projektin hetkellisestä keskeyttämisestä poliittisten syiden vuoksi. Tämä tukeekin tutkimuksen tuloksia liittyen siihen, että instituutioiden tulee olla pääosin kunnossa, ennen kuin lohkoketjuteknologiasta voidaan saavuttaa hyötyjä. Ghanassa ja Intiassa kiinteistöihin liittyviä omistusoikeuksia on paljon rekisteröimättä, ja erityisesti Intiassa nykyisen maanhallinnan on katsottu olevan hyvin korruptoitunutta. Molemmissa tapauksissa lohkoketjujen hyödyntämisen toivotaan auttavan tilanteeseen ja parantavan laillisten omistusoikeuksien takaamista.

Iso-Britanniassa pohditaan lohkoketjujen käyttöä Digital Street -hankkeessa, jonka tarkoituksena on nopeuttaa ja tehostaa kiinteistöjen omistusoikeuksien vaihtoon liittyvää prosessia merkittävästi. Vielä ei kuitenkaan ole varmaa, milloin hankkeeseen liittyviä kokeiluita aletaan tehdä, ja toteutetaanko ne lohkoketjuteknologian avulla. Ukrainan tavoitteena puoles-

taan on siirtää valtion maiden rekisteröintiin liittyvä järjestelmä lohkoketjujen avulla toteutettavaksi. Tämän lisäksi halutaan digitalisoida valtion maiden vuokraukseen liittyvät huutokaupat, joiden tarkoitus on lisätä kilpailua, tehostaa paikallista taloutta sekä vähentää laittomia toimia. Tällä hetkellä valtion maita rekisteröidään huomattavasti vähemmän kuin yksityisiä kiinteistöjä, mikä vähentää läpinäkyvyyttä ja mahdollistaa laittomuuksia.

Taulukko 3. Kiinteistöjärjestelmään liittyvät kansainväliset sovelluskohteet

Maa/Kaupunki	Tavoite
Ruotsi	Kiinteistökaupan prosessin nopeuttaminen
Georgia	Omistusoikeuksien rekisteröinti
Honduras	Omistusoikeuksien rekisteröinti
Ghana	Omistusoikeuksien rekisteröinti
Intia	Omistusoikeuksien rekisteröinti
Iso-Britannia	Omistusoikeuksien vaihdannan nopeuttaminen
Ukraina	Valtion maiden rekisteröinti
Japani	Rekisterien yhtenäistäminen
Brasilia	Kiinteistötietojen rekisteröinnin uudistaminen ja digitalisointi
Rotterdam	Kiinteistöjen vuokrausprosessin nopeuttaminen
Dubai	Kiinteistöihin liittyvät sopimukset ja transaktiot lohkoketjuun

Japanissa suunnitteilla oleva lohkoketjuhanke liittyy kiinteistöihin ja maanomistukseen liittyvien rekisterien yhtenäistämiseen. Tällä hetkellä Japanissa ylläpidetään lukuisia eri rekistereitä esimerkiksi verotussyistä, ja lohkoketjuteknologian hyödyntämisen tarkoituksena onkin yhdistää kaikki kiinteistötietoja sisältävät rekisterit yhdeksi tietokannaksi, josta löytyisi myös tiedot kiinteistöjen kauppahinnoista. Lohkoketjuteknologia kiinnostaa myös kaupunkitasolla Brasilian kahdessa kunnassa sekä Rotterdamissa ja Dubaissa. Brasiliassa tavoitteena on uudistaa kiinteistötietojen rekisteröinti lohkoketjujen avulla ja saada käyttöön täysin digitaalinen ratkaisu. Rotterdamissa puolestaan pyritään luomaan lohkoketjusovellus kiinteistöjen vuokrausta varten, ja tavoitteena on nopeuttaa vuokrausprosesseja ja alentaa kustannuksia esimerkiksi tallentamalla vuokrasopimukset lohkoketjuun. Dubaissa suunnitellaan järjestelmää, jossa kaikki paikalliset kiinteistöihin liittyvät sopimukset ja transaktiot tallennetaan lohkoketjuun. Tämän avulla on tavoitteena esimerkiksi saavuttaa kansainvälisen kiinteistösijoittajien luottamus sekä helpottaa vuokralaisten toimintaa ja erilaisia prosesseja, kun vuokrasopimukset tallennetaan järjestelmään.

Tässä diplomityössä esitellyistä kansainvälisistä lohkoketjuhankkeista Ruotsin projektia lukuun ottamatta kaikki muut olivat työn tekemisen aikana vielä pääosin uutistasolla. Näin ollen hankkeista ei löytynyt tieteellistä tutkimusta ja toivottavaa onkin, että hankkeiden mahdollisesta etenemisestä tehdään enemmän tutkimusta. Ruotsin projektistakaan ei ollut vielä saatavilla muuta tutkimusta kuin projektista tehdyt laajat raportit ja testiversio mobiiliapplikaatiosta. Kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyviä lohkoketjuhankkeita luultavasti tulee lähiaikoina vielä lisää, sillä tätä tutkimusta varten löydettyistä lähteistä päätellen aiheeseen liittyvät hankkeet ovat kasvattaneet suosiota viime aikoina. Myös tutkimuksessa esiteltyjen hankkeiden ja suunnitelmien etenemisestä tai keskeytymisestä varmasti uutisoidaan lähiaikoina. Tämän vuoksi onkin hyvä seurata, mihin suuntaan kiinteistöjärjestelmään liittyvä rekisterinpito kehittyy tulevana vuosina, ja saavutetaanko lohkoketjuteknologiasta kyseisellä osa-alueella hyötyjä.

Tämän diplomityön toisena tavoitteena oli selvittää, mitä asioita tulee ratkaista ja ottaa huomioon, mikäli suunnitellaan lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa. Huomioitavia asioita ja niihin liittyviä tekijöitä selvitettiin ensin kirjallisuuskatsauksessa, minkä jälkeen selvitettiin lisätietoja ja syvennettiin näkemyksiä lohkoketjuteknologian asiantuntijoiden haastattelujen avulla. Taulukkoon 4 on kerätty kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen perusteella löydettyjä, teknologian soveltamisessa ja käytötapauksen pohtimisessa huomioitavia asioita. Taulukkoon on myös koottu muutamia neuvoja liittyen siihen, mistä lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä kannattaa lähteä liikkeelle.

Taulukko 4. Lohkoketjuteknologian soveltamisessa huomioitavia asioita

Huomioitavia asioita	Onko lohkoketjuteknologia oikea ratkaisu?
	Toimijoiden tunnistaminen
	Lohkoketjun hallintamalli
	Lohkoketjun tyyppi
	Konsensusmekanismin valinta
	Mitä lohkoketjuun tallennetaan?
	Kustannukset
	Tietosuojaan ja turvallisuuteen liittyvät kysymykset
	Lainsäädäntöön liittyvät kysymykset
Mistä kannattaa aloittaa?	Asiaan perehtyminen ja ymmärtäminen
	Lohkoketjuteknologian kehityksen seuraaminen
	Verkoston kasaaminen
	Kokeilut olemassa olevia järjestelmiä rikkomatta

Kirjallisuuskatsauksessa ja erityisesti haastattelututkimuksessa tuli esille se, että ensin täytyy selvittää, onko lohkoketjuteknologia oikea ratkaisu pohdittavaan käyttötarkoitukseen. Tällöin täytyy aluksi määritellä ongelma ja analysoida lohkoketjujen tarjoamia hyötyjä ja sen mukana tulevia haasteita. Tuleekin selvittää, tarvitaanko kaikkia lohkoketjuteknologian tarjoamia ominaisuuksia, vai olisiko jokin toinen ratkaisu parempi kyseessä olevaan ongelmaan. Kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa tuleekin esimerkiksi selvittää, onko tarvetta monen osapuolen jakamalle tietokannalle, täytyykö käyttäjien tehdä tietokantaan muokkauksia samanaikaisesti, ja ovatko tehtävät muokkaukset yhteyksissä toisiinsa. Lohkoketjuteknologian soveltuvuutta pohdittaessa tulee saada selville, minkälaista lisäarvoa teknologia tarjoaisi ja olisiko sen käyttöönotto näin ollen tarpeellista ja kannattavaa.

Järjestelmässä tarvittavien toimijoiden tunnistaminen on myös hyvin tärkeää. Lohkoketjujen käyttö on yleensä kannattavaa vain usean toimijan ympäristössä, joten toimijoiden määrä sekä toimijoiden välisen luottamuksen tai sen puutteen selvittäminen on olennaista myös kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa. Nämä asiat vaikuttavat lohkoketjun hallintamalliin, jossa sovitaan lohkoketjun säännöistä ja määritellään esimerkiksi se, miten lohkoketjua hallinnoidaan, ketkä voivat osallistua lohkoketjun toimintaan ja mitkä ovat toimijoiden oikeudet ja velvollisuudet. Hallintamalli vaikuttaa myös siihen, miten uusia ominaisuuksia tai sääntöjä voidaan ottaa mukaan verkkoon esimerkiksi teknologian kehittymisen myötä. Lohkoketjun hallintamallissa olisi hyvä määritellä se, miten mahdollisissa ongelmatilanteissa toimitaan, ja onko esimerkiksi jollain toimijalla oikeus tehdä tietyin perustein muutoksia lohkoketjuun. Kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa täytyy esimerkiksi ottaa huomioon, miten korjattaisiin mahdolliset virheet, jotka havaitaan vasta sen jälkeen, kun

tiedot on tallennettu lohkoketjuun. Onkin tärkeä tehdä selkeä päätös siitä, sallitaanko lohkoketjun muokkaaminen tai korjaavat transaktiot, vai pidetäänkö lohkoketju koskemattomana ja pyritään lisäämään tietojen oikeellisuutta esimerkiksi useampien lohkoketjuja ylläpitävien solmujen avulla.

Lohkoketjun toimijat vaikuttavat myös lohkoketjun tyyppin valintaan. Nämä tyypit voidaan jakaa perustavanlaatuisesti julkisiin ja yksityisiin lohkoketjuihin, jotka voivat toimia joko avoimessa tai luvanvaraisessa verkossa. Kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa tuleekin pohtia, onko tarvetta täysin julkiselle lohkoketjulle, vai olisiko kannattavampaa toteuttaa yksityisempi, muutaman osapuolen hallinnoima lohkoketju. Tällä hetkellä sovelluskohteiden suunnittelussa näyttää siltä, että organisaatioiden väliset lohkoketjut yleistyvät ensimmäisenä. Niissä on usein mukana jonkinasteinen luottamus ainakin osaan toimijoista, toisin kuin täysin julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa.

Konsensusmekanismin valinta riippuu hyvin paljon lohkoketjun tyyppistä, toimijoista sekä toimijoiden välisestä luottamuksesta tai sen puutteesta. Julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa tarvitaan melko raskaita konsensusmekanismeja takaamaan luottamus verkkoon, ja nämä menetelmät voivat olla työläitä sekä hitaita. Lisäksi jotkin menetelmät kuluttavat erittäin paljon energiaa eivätkä näin ollen ole välttämättä taloudellisia tai ekologisia ratkaisuja. Julkisiin verkkoihin tarvitaan yleensä myös jokin kannustinmekanismi, jolla houkutellaan käyttäjiä osallistumaan verkon toimintaan ja luottamuksen takaamiseen. Suljetummissa verkoissa puolestaan voidaan usein käyttää huomattavasti kevyempiä konsensusmekanismeja, kuten äänestystä. Toimijoiden välinen luottamusmalli vaikuttaa erittäin paljon mekanismin valintaan, sillä avoimissa verkoissa käytettävät konsensusmekanismit takaavat luottamuksen hyvin eri tavalla kuin luvanvaraisissa verkoissa käytettävät mekanismit. On myös hyvä huomioida, että jos valitsee toteutustavaksi jonkin valmiin alustan tai tietyn yrityksen tarjoaman lohkoketjuratkaisun, esimerkiksi konsensusmekanismi voi tulla sen mukana, eikä toteutukseen voi välttämättä itse vaikuttaa kovinkaan paljoa. Mikäli puolestaan lohkoketjuratkaisun toteuttamiseen liittyvää osaamista löytyy omasta takaa, pääsee eri tavalla vaikuttamaan asioihin ja voi esimerkiksi räätälöidä tarpeisiin sopivan konsensusmekanismin itse.

Lohkoketjuteknologian soveltuvuutta pohdittaessa on tärkeä selvittää se, mitä lohkoketjuun oikeastaan tallennetaan. Sekä kirjallisuuskatsauksessa että haastattelututkimuksessa selvisi, että lohkoketjut eivät sovi suurten datamäärien tallentamiseen. Näin ollen täytyykin määrittellä, mitkä ovat ne transaktiot tai lopputulokset, jotka halutaan tallentaa lohkoketjuun. Lisäksi tulee päättää, minne niihin liittyvät dokumentit tallennetaan. Täytyy myös selvittää, onko kirjanpidon lisäksi tarvetta myös älykkäiden sopimusten kaltaiseen ratkaisuun, jolloin järjestelmä voidaan ohjelmoida toimimaan itsenäisesti tiettyjen ehtojen täytyessä. Kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa tuleekin selvittää, tallennetaanko lohkoketjuun esimerkiksi kiinteistöjä vai omistajia koskevia tietoja, vai jopa molempia. Tässä tutkimuksessa todettiin, ettei lohkoketjuun kannata tällä hetkellä tallentaa mitään kovin arkaluontoista tietoa, joten omistajia koskevia henkilötietoja tuskin tulee tallentaa suoraan lohkoketjuun. Lohkoketjuun voisi esimerkiksi harkita kohteita koskevien tietojen tai kiinteistötoimituksiin ja omistajanvaihtotapahtumiin liittyvien tietojen tallentamista. Henkilötiedot voisi tallentaa johonkin toiseen järjestelmään, ja lohkoketjuun tallennettavan tunnisteen avulla henkilötiedot voitaisiin hakea kyseisestä järjestelmästä.

Kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa täytyy myös selvittää, minkälaisia kustannuksia lohkoketjuteknologian käyttöönottoon liittyy. Tämän työn haastattelututkimuksissa selvitettiin kustannusten muodostumista, ja ne voivatkin vaihdella paljon riippuen esimerkiksi

lohkoketjun tyypistä, toteutustavasta sekä konsensusmekanismista. Erityisesti julkisten lohkoketjujen transaktiomaksujen kustannuksia on hyvin vaikea arvioida etukäteen, ja niissä käytettävien kryptovaluuttojen arvot heilahtelevat. Lohkoketjuratkaisua pohdittaessa on kuitenkin pyrittävä jonkinlaiseen kustannusarvioon ja täytyy selvittää, voiko teknologian avulla saavuttaa huomattavia säästöjä, vai onko riski kustannusten kasvamiseen suurempi.

Tietosuojaan ja turvallisuuteen liittyen tulee esimerkiksi selvittää, miten osa tiedoista voidaan tarvittaessa salata ja mahdollisesti asettaa näkyville vain osalle lohkoketjun toimijoista. Lisäksi lohkoketjun toimijoiden henkilöllisyyksien varmentamiseen liittyvien menetelmien tulee olla vahvoja, jotta voidaan minimoida mahdollisuudet väärinkäyttää toisen henkilöllisyyttä ja käyttöoikeuksia. Lisäksi täytyy ottaa selvää, millaisia turvallisuuden liittyviä uhkia lohkoketjuteknologian käyttöön voi liittyä, ja miten niihin voidaan mahdollisimman hyvin varautua etukäteen. Lainsäädäntöön liittyen tulee selvittää, mitä eri lakeja lohkoketjujen hyödyntämisessä tulee huomioida. Lohkoketjuteknologiaan liittyvää selkeää lainsäädäntöä tai ennakkotapauksia ei vielä ole, mutta teknologian soveltamiseen liittyy yleensä tapauskohtaisia lakeja. Suomen kiinteistöjärjestelmän rekisterien tapauksessa tulisi luultavasti huomioida esimerkiksi kiinteistörekisteriin, lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriin ja kiinteistötietojärjestelmään liittyvä lainsäädäntö. Lisäksi EU:n yleinen tietosuoja-asetus tulee huomioida henkilötietojen mahdollisen tallentamisen osalta, ja älykkäitä sopimuksia soveltaessa voi olla tarve selvittää kyseisten sopimusten juridista asemaa. Tässä tutkimuksessa todettiin, että lohkoketjuihin liittyvä standardisointi on aloitettu keväällä 2017, ja sen avulla voidaan saada apua joihinkin lohkoketjuteknologian nykyisiin haasteisiin. Yhteisesti sovitut toimintatavat voivat myös helpottaa teknologian soveltamista ja auttaa juridisia kysymyksiä pohdittaessa.

Taulukkoon 4 on kerätty myös muutamia, erityisesti haastattelututkimuksen perusteella kerättyjä neuvoja liittyen siihen, mistä lohkoketjuteknologian mahdollisessa soveltamisessa kannattaisi aloittaa. Lohkoketjuteknologian yhtenä haasteena on nähty teknologian monimutkaisuus sekä siihen liittyvän osaamisen puute, joten ensin olisi hyvä perehtyä asiaan laajemmin ja pyrkiä ymmärtämään esimerkiksi teknologian toimintaa ja sen mahdollisia vaikutuksia. Ymmärtäminen voi vaatia uudenlaista ajattelua, eikä lohkoketjujen soveltamisessa kannata kiirehtiä liikaa ennen kuin perusasiat on otettu haltuun. Mikäli lohkoketjujen soveltaminen ei vielä tunnu ajankohtaiselta tai tarpeelliselta, teknologian kehitystä on kuitenkin hyvä seurata. Tällä hetkellä kehitys on hyvin kiivasta, eivätkä nykyiset lohkoketjuratkaisut ole välttämättä niitä, jotka tulevat mahdollisesti yleistymään. Kuitenkin nykyisten ratkaisujen hyödyntämistä kannattaa pohtia, jos ne voivat tarjota lisäarvoa tai ratkaisuja olemassa oleviin ongelmiin. Lisäksi voi alkaa kartoittaa ja rakentaa verkostoa sellaisista toimijoista, joita lohkoketjuratkaisun ylläpitoon tarvittaisiin ja jotka olisivat valmiita yhteistyöhön, jos ratkaisua lähdetään toteuttamaan. Ymmärrystä ja käytännön kokemusta voi hankkia myös toteuttamalla lohkoketjujen soveltamiseen liittyviä kokeiluja ja pilottihankkeita esimerkiksi pienillä panoksilla. Teknologian hyödyntämiseen liittyy kuitenkin vielä paljon epävarmuustekijöitä, joten mitään olemassa olevia järjestelmiä ei tällä hetkellä kannata rikkoa.

6.2 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksen luotettavuutta ja pätevyyttä tarkasteltaessa voidaan pohtia esimerkiksi käytettyjen tutkimusmenetelmien sopivuutta, tutkimustulosten objektiivisuutta sekä sitä, kuinka hyvin tutkimus olisi toistettavissa. Haastattelututkimuksen osalta laadukkuuteen vaikuttaa esimerkiksi haastattelurunko, haastatteluaineiston laatu ja haastattelukysymysten muotoilu. (Hirsjärvi & Hurme 2000, s. 105 & 184–185.) Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut kuvata esimerkiksi tutkimusmenetelmät, käytetyt aineistot ja työn eteneminen siten, että tutkimus voitaisiin toistaa. Haastattelujen osalta on hyvä huomioda se, että jokainen haastattelutilanne on omanlaisensa, joten niiden täydellinen toistaminen on hankalaa.

Tässä diplomityössä käytettiin tutkimusmenetelminä kirjallisuuskatsausta ja haastattelututkimusta, jossa toteutettiin puolistrukturoituja teemahaastatteluita. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää lohkokejuteknologiaan liittyvien tutkimusten, artikkeleiden, raporttien sekä uutisten avulla teknologian toimintaa ja sen sovelluskohteita, joista tarkasteltiin erityisesti kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyviä hankkeita ja suunnitelmia. Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin myös Suomen kiinteistöjärjestelmään ja sen rekistereihin liittyviä perusominaisuuksia. Katsauksen perusteella heränneisiin kysymyksiin selvitettiin vastauksia haastattelututkimuksessa, ja johtopäätökset tehtiin molempien tutkimusmenetelmien perusteella saatujen tulosten avulla. Tutkimusmenetelmien voidaan katsoa sopivan työn aiheeseen ja tavoitteisiin, sillä menetelmien avulla saatiin selvitettyä tutkimuskysymyksiin liittyviä asioita kattavasti ja erilaisista näkökulmista.

Kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta pyrittiin takaamaan arvioimalla jokaisen lähdemateriaalin kohdalla sen luotettavuus ja soveltuvuus tämän tutkimuksen aineistoksi. Lohkoketjuteknologiaa ja sen ominaisuuksia tarkasteltaessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman tuoreita julkaisuja ja tutkimustuloksia, sillä teknologian tutkimus on ollut kiivasta viime vuosina. Kirjallisuuskatsauksessa osoittautui kuitenkin haastavaksi löytää tieteellisiä ja vertaisarvioituja julkaisuja liittyen joihinkin tutkimuskysymysten kannalta olennaisiin ja kiinnostaviin aihepiireihin. Erityisesti kansainvälisiä, kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyviä sovelluskohteita selvittäessä käytettiin aineistona erilaisia raportteja ja lohkokejuaiheisia uutisia, sillä aiheesta ei ole vielä tehty tieteellistä tutkimusta. Näiden osalta tutkimuksen luotettavuutta voi heikentää vertaisarvioinnin puute ja mahdollisten epäluotettavuuksien esiintyminen uutisissa.

Haastattelututkimuksen laatua ja luotettavuutta pyrittiin varmistamaan valitsemalla haastateltaviksi lohkokejuasiantuntijoita, jotka edustavat teknologian asiantuntijuutta eri näkökulmista. Haastateltaville lähetettiin haastattelukysymykset etukäteen, haastattelutilanteet nauhoitettiin ja lisäksi tehtiin muistiinpanoja. Haastattelututkimuksen tulosten analysointia varten haastattelut litteroitiin pääpiirteittäin, ja kysymyksiin saadut vastaukset ryhmiteltiin aihepiireittäin. Haastattelujen luotettavuuden arviointiin vaikuttaa esimerkiksi kysymysten asettelu ja ymmärrettävyys. Kysymykset pyrittiin laatimaan siten, että ne kattavat lohkokejuteknologian ominaispiirteitä ja soveltuvuutta laajasti. Näin ollen osa kysymyksistä saattoi olla hankalia tai ymmärrettävissä eri tavoin, mutta haastattelutilanteissa selvennettiin niitä tarvittaessa. Haastattelun tulosten osalta pitää myös huomioda, että ne edustavat haastateltavien näkemyksiä asiasta, joten joitain näkökulmia on voinut jäädä vähemmälle huomiolle. Lisäksi haastateltavien näkemykset edustavat haastattelutilanteen aikaista käsitystä ja ne voivat muuttua ajan kuluessa, sillä lohkokejuteknologian kehitys on nopeaa ja uusia tutkimustuloksia sekä tietoja todennäköisesti ilmaantuu lisää. Tulosten luotettavuutta voitaisiin parantaa myös esimerkiksi kasvattamalla haastateltavien määrää.

Tässä diplomityössä selvitettiin lohkoketjuteknologian toimintaa ja perusominaisuuksia, kansainvälisiä kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyviä sovelluskohteita sekä lohkoketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä huomioitavia ja selvitettäviä asioita. Työn aiheeseen liittyvää tutkimusta on tehty hyvin vähän, ja myös kansainvälistä lohkoketjuihin ja kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvää tutkimusta löytyy niukasti. Suomen kiinteistöjärjestelmään liittyvälle jatkotutkimukselle on erityisesti tarvetta, sillä aiheesta ei ole tämän tutkimuksen lisäksi vielä tehty muuta tutkimusta. Jatkotutkimusaiheet voisivat liittyä esimerkiksi johonkin pilottihankkeeseen, jossa testattaisiin lohkoketjuteknologian soveltuvuutta kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallintaan. Pilottihanke voisi liittyä esimerkiksi kiinteistökaupan prosessin hallintaan Ruotsin projektin etenemistä hyödyntäen, tai lohkoketjujen avulla voitaisiin kokeilla tiettyjen kiinteistöihin liittyvien tietojen, kiinteistötoimistusten tai omistajanvaihtotapahtumien rekisteröintiä.

Tässä tutkimuksessa käsiteltiin lohkoketjuteknologiaa kokonaisuutena, mutta myös siihen liittyvät yksittäiset teknologiat tarvitsevat lisätutkimusta. Haastatteluissa korostettiin erityisesti älykkäiden sopimusten tärkeyttä ja niiden tarjoamia uusia mahdollisuuksia yritysten ja organisaatioiden toimintaan. Älykkäisiin sopimuksiin liittyvää jatkotutkimusta voisi toteuttaa myös kiinteistöjärjestelmän rekisterien kannalta ja olisikin hyvä selvittää, millä tavalla niitä voitaisiin hyödyntää rekisterinpidossa. Tällöin tulee esimerkiksi tutkia, mitä prosesseja voitaisiin tehostaa ja nopeuttaa älykkäiden sopimusten avulla, ja mitä prosesseja puolestaan ei voida täysin automatisoida älykkäillä sopimuksilla. Myös älykkäisiin sopimuksiin liittyvät lainsäädännölliset kysymykset tarjoavat aihetta jatkotutkimuksille. Ylipäätään lohkoketjuteknologian juridisia kysymyksiä ja lainsäädännön vaikutuksia voisi selvittää tarkemmin jatkotutkimusten avulla.

7 Yhteenveto

Tämä diplomityö liittyi Katasteri 2035 -tutkimushankkeeseen, jossa tutkitaan esimerkiksi tulevaisuuden kiinteistöjärjestelmän kehitysnäkymiä. Diplomityö selvitti viime aikoina paljon mielenkiintoa herättäneen lohkoketjuteknologian hyödyntämisen mahdollisuuksia kiinteistöjärjestelmän rekisterien näkökulmasta. Työn ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, mikä on lohkoketjuteknologia, ja onko sitä jo hyödynnetty kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä sovelluskohteissa. Toisena tavoitteena puolestaan oli ottaa selvää siitä, mitä asioita tulee ratkaista ja ottaa huomioon, mikäli suunnitellaan lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kiinteistöjärjestelmän rekisterien hallinnassa.

Tutkimuksessa käsiteltiin kirjallisuuskatsauksen avulla lohkoketjuteknologian toimintaa, ominaisuuksia, hyötyjä, haasteita sekä muita lohkoketjujen käyttöön liittyviä asioita. Kirjallisuusosassa käsiteltiin myös lohkoketjuteknologian sovellusmahdollisuuksia, sen soveltuvuutta rekisterinpittoon sekä kansainvälisiä lohkoketjuhankkeita ja -suunnitelmia liittyen kiinteistöjärjestelmän rekistereihin ja maanhallintaan. Lisäksi käytiin läpi Suomen kiinteistöjärjestelmän ja sen rekistereiden perusominaisuudet. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi tutkimuksessa toteutettiin asiantuntijoiden haastatteluja, joiden avulla pyrittiin saamaan vastauksia kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittuihin kysymyksiin sekä löytämään uusia huomioitavia asioita lohkoketjuteknologian mahdolliseen hyödyntämiseen liittyen. Lopuksi esiteltiin kirjallisuuskatsauksen ja haastattelututkimuksen avulla selvitetty vastaukset tutkimuskysymyksiin.

Lohkoketjuteknologian todettiin tarjoavan mahdollisuuden hajautetun, läpinäkyvän ja luotettavan tietokannan luomiseen. Teknologia auttaa myös tallennetun tiedon eheyden ja alkuperäisyyden varmistamisessa, sillä tietoja ei voi muokata tai poistaa jälkikäteen verkon muiden toimijoiden huomaamatta. Tutkimuksessa todettiin, ettei lohkoketjuilla ole täysin yksiselitteistä määritelmää, vaan sen hyödyntäminen koostuu useista tasoista. Lisäksi lohkoketjuteknologia ei tarjoa teknisesti paljoakaan uutta, vaan se on yhdistelmä monista eri teknologioista. Teknologian peruskomponentteja ovatkin hajautettu vertaisverkko, konsensusmekanismi, julkisen avaimen salaus sekä älykkäät sopimukset. Tutkimuksessa jaettiin lohkoketjuteknologiaan liittyvät haasteet teknisiin, sosiaalisiin ja juridisiin haasteisiin. Tekniset haasteet liittyvät esimerkiksi suurten datamäärien tallentamiseen, teknologian monimutkaisuuteen, sekä erityisesti julkisissa ja avoimissa lohkoketjuissa skaalautuvuuteen ja energiankulutukseen. Sosiaalisia haasteita todettiin olevan esimerkiksi teknologiaan liittyvän osaaamisen puute sekä ihmisten arvot ja asenteet, kun taas juridisiin haasteisiin luokiteltiin selkeän lainsäädännön puuttuminen, EU:n yleinen tietosuoja-asetus ja älykkäiden sopimusten juridisuus.

Tutkimuksessa esiteltiin kansainvälisiä kiinteistöjärjestelmään ja maanhallintaan liittyviä lohkoketjuhankkeita. Ruotsissa on meneillään kiinteistökaupan prosessin nopeuttamiseen liittyvä lohkoketjuhanke, kun taas Georgiassa, Hondurasissa, Ghanassa ja Intiassa on pohdittu lohkoketjujen soveltamista kiinteistöihin ja maapalstoihin liittyvien omistusoikeuksien rekisteröintiin. Iso-Britanniassa tavoitteena on omistusoikeuksien vaihdannan nopeuttaminen, Ukrainassa esimerkiksi valtion maiden rekisteröinti, ja Japanissa lukuisten eri kiinteistörekistereiden yhdistäminen yhdeksi rekisteriksi lohkoketjujen avulla. Kaupunkitasolla lohkoketjuteknologia on herättänyt mielenkiintoa Brasilian kahdessa kunnassa sekä Rotterdammassa ja Dubaissa. Ruotsin projektia lukuun ottamatta kaikki muut tässä työssä esitellyt

hankkeet olivat työn tekemisen aikana pääosin vielä uutistasolla, eikä konkreettisia tutkimustuloksia pilottihankkeista ollut saatavilla. Ruotsin projektistakaan ei ollut vielä saatavilla muuta tutkimusta kuin projektiin liittyvä raportointi. Lohkoketjuteknologia on kaikesta huolimatta herättänyt kiinnostusta kiinteistöjärjestelmän rekistereihin liittyvissä käytötapauksissa, joten hankkeiden ja suunnitelmien etenemistä kannattaa seurata.

Diplomityössä selvitettiin myös lohkaketjuteknologian mahdollisessa hyödyntämisessä huomioitavia asioita. Tutkimuksen mukaan ensin tulee selvittää, onko lohkaketjuteknologia oikea ratkaisu pohdittavaan käyttötarkoitukseen. Tällöin tulee esimerkiksi määritellä ongelma sekä analysoida lohkaketjujen hyötyjä ja haasteita. Sen jälkeen tulee tunnistaa lohkaketjuratkaisun toteuttamiseen ja ylläpitoon tarvittavat toimijat sekä pohtia lohkaketjun hallintamallia. Nämä asiat vaikuttavat esimerkiksi lohkaketjun tyyppin ja konsensusmekanismin valintaan, joita tulee myös analysoida teknologian soveltuvuutta selvittäessä. Erityisen tärkeää on myös selvittää, mitä lohkaketjuun halutaan tallentaa. Tämän avulla varmistetaan, ettei ketjun koko kasva liikaa ja ettei esimerkiksi skaalautuvuudesta muodostu suurta ongelmaa. Lohkoketjuteknologian kustannuksia voi olla vaikea arvioida, mutta käytötapausta pohdittaessa tulee kuitenkin tehdä jonkinlaista kustannusarviota, jotta voidaan arvioida teknologian kannattavuutta. Lisäksi tulee huomioida tietosuojan ja turvallisuuteen sekä lainsäädäntöön liittyvät kysymykset.

Tutkimuksessa annettiin myös muutamia neuvoja liittyen siihen, mistä lohkaketjuteknologian mahdollisessa soveltamisessa ja käytötapauksen pohtimisessa tulisi lähteä liikkeelle. Ensin on tärkeä perehtyä asiaan ja hankkia ymmärrystä esimerkiksi lohkaketjuteknologiasta ja sen vaikutuksista. Teknologian kehitystä on myös tärkeä seurata, vaikka sen soveltaminen ei vielä olisikaan oman organisaation kannalta ajankohtaista, sillä kehitys on tällä hetkellä hyvin kiivasta. Voi myös olla aiheellista alkaa kartoittaa ja kasata verkostoa sellaisista toimijoista, joiden kanssa lohkaketjuratkaisua mahdollisesti kannattaisi lähteä toteuttamaan. Lohkoketjujen soveltamiseen liittyviä kokeiluja ja pilottihankkeita tekemällä voi myös hankkia ymmärrystä ja käytännön kokemusta. Tulee kuitenkin muistaa, että mitään olemassa olevia järjestelmiä ei vielä kannata hajottaa, sillä lohkaketjuteknologian hyödyntämiseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä.

Lähteet

- Anand, A., McKibbin, M. & Pichel, F. 2015. Colored Coins: Bitcoin, Blockchain, and Land Administration. 16 s.
- Antonopoulos, A. M. 2014. Mastering Bitcoin: Unlocking digital cryptocurrencies. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc. 263 s. ISBN 978-1-449-37404-4.
- Browne, R. 2017. An Indian state wants to use blockchain to fight land ownership fraud. CNBC News 10.10.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 18.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.cnbc.com/2017/10/10/this-indian-state-wants-to-use-blockchain-to-fight-land-ownership-fraud.html>>
- Das, S. 2016. City of Rotterdam will Record Lease Agreements on a Blockchain. Cryptocoins News 12.12.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 7.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.cryptocoinsnews.com/rotterdam-lease-blockchain/>>
- Das, S. 2017a. Japan Could Place Its Entire Property Registry on a Blockchain. Cryptocoins News 22.6.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.cryptocoinsnews.com/japan-place-entire-property-registry-blockchain/>>
- Das, S. 2017b. 100%: Dubai Will Put Entire Land Registry on a Blockchain. Cryptocoins News 9.10.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.cryptocoinsnews.com/100-dubai-put-entire-land-registry-blockchain/>>
- De, N. 2017. Indian State Partners With Blockchain Startup for Land Registry Pilot. CoinDesk News 10.10.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 18.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/andhra-pradesh-partners-with-chromaway-to-develop-blockchain-land-registry/>>
- ENISA - European Union Agency For Network And Information Security. 2016. Distributed Ledger Technology & Cybersecurity - Improving information security in the financial sector. 35 s. ISBN 978-92-9204-200-4.
- EU 2016/679. Euroopan parlamentin ja neuvoston yleinen tietosuojasäätös. Annettu Brysselissä 27.4.2016. [Viitattu 31.8.2017]. Saatavilla: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=FI>>
- Farmer, S. 2016. Blockchain technologies and the EU 'right to be forgotten' – an insurmountable tension?. International Business Times 7.9.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 27.11.2017]. Saatavilla: <<http://www.ibtimes.co.uk/blockchain-technologies-eu-right-be-forgotten-insurmountable-tension-1580166>>
- Gartner. 2016. Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage. Gartner Newsroom 16.8.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 28.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>>

- Gartner. 2017. Gartner Identifies Three Megatrends That Will Drive Digital Business Into the Next Decade. Gartner Newsroom 15.8.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 28.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3784363>>
- Gartner Hype Cycle. N.d. Gartner, Research Methodologies [verkkoaineisto]. [Viitattu 28.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>>
- Halunen K., Valtanen, K. & Vallivaara, V. 2016. Tässä on yhtä suuri innovaatio kuin internet. Talouselämä 18.6.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.talouselama.fi/tebatti/tassa-on-yhta-suuri-innovaatio-kuin-internet-6560183>>
- HE 141/2001. Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettavasta tietopalvelusta ja laiksi kiinteistötietorekisterilain muuttamisesta. Annettu 28.9.2001. [Viitattu 15.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2001/20010141>>
- Hertig, A. 2016. Ethereum's Two Ethernets Explained. CoinDesk News 28.7.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 25.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/ethereum-classic-explained-blockchain/>>
- Higgins, S. 2017. UK Land Registry Plans to Test Blockchain in Digital Push. CoinDesk News 12.5.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 7.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/uk-land-registry-plans-test-blockchain-digital-push/>>
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino. 213 s. ISBN 951-570-458-8.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13., osin uudistettu painos. Helsinki: Tammi. 448 s. ISBN 978-951-26-5635-6.
- Hochstein, M. 2017. Dubai Land Department Launches Blockchain Real Estate Initiative. CoinDesk News 10.10.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/dubai-land-department-launches-blockchain-real-estate-initiative/>>
- Honkanen, P. 2017. Lohkoketjuteknologian lupaus. 78 s. Arcada Working Papers 1/2017. ISBN 978-952-5260-78-6. ISSN 2342-3064.
- Hyvönen, V. O. 1998. Kiinteistönmuodostamisoikeus I, Yleiset opit. Espoo: Ky Veikko O. Hyvönen & Co. 569 s. ISBN 951-95355-9-4.
- Hyysalo, S. 2009. Käyttäjä tuotekehityksessä – Tieto, tutkimus, menetelmät. 320 s. Taideteollisen korkeakoulun julkaisu B 97. ISBN 978-951-558-300-0.
- Interfax Ukraine. 2017. Govt approves introduction of blockchain technology in land cadastre, e-land auctions [verkkoaineisto]. Julkaistu 22.6.2017. [Viitattu 7.9.2017]. Saatavilla: <<http://en.interfax.com.ua/news/economic/430761.html>>

- Keirns, G. 2017. Blockchain Land Registry Tech Gets Test in Brazil. CoinDesk News 5.4.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 8.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/blockchain-land-registry-tech-gets-test-brazil/>>
- Kempe, M. 2016. The Land Registry in the blockchain. A development project with Lantmäteriet (The Swedish Mapping, cadastre and land registration authority), Telia Company, ChromaWay and Kairos Future. 40 s. [Viitattu 19.8.2017]. Saatavilla: <http://ica-it.org/pdf/Blockchain_Landregistry_Report.pdf>
- Kempe, M. 2017. The Land Registry in the blockchain – testbed. A development project with Lantmäteriet, Landshypotek Bank, SBAB, Telia company, ChromaWay and Kairos Future. 75 s. [Viitattu 19.8.2017]. Saatavilla: <https://chromaway.com/papers/Blockchain_Landregistry_Report_2017.pdf>
- Kinnunen, T. K., Leviäkangas, P., Kostiainen, J., Nykänen, L., Rouhiainen, K., & Finlow-Bates, K. 2017. Lohkoketjuteknologian soveltaminen ja vaikutukset liikenteessä ja viestinnässä. 38 s. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2017. ISBN 978-952-243-528-6 (sähköinen). ISSN 1795-4045 (sähköinen).
- KML 554/1995. Kiinteistönmuodostamislaki. Annettu 12.4.1995. Viimeisin muutos 25.8.2016. [Viitattu 3.11.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950554>>
- Kotilainen, S. 2017a. Blockchain mullistaa maailman kuin internet. Tivi 11.2.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavilla: <http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/blockchain-mullistaa-maailman-kuin-internet-6623590>
- Kotilainen, S. 2017b. Näin toimii lohkoketju – säätvirhe voi johtaa paisumiseen. Tivi 15.3.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 20.9.2017]. Saatavilla: <http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/nain-toimii-lohkoketju-saatovirhe-voi-johtaa-paisumiseen-6633012>
- KRA 970/1996. Kiinteistörekisteriasetus. Annettu 5.12.1996. Viimeisin muutos 30.1.2014. [Viitattu 15.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960970>>
- Krigsholm, P., Zavialova, S., Riekkinen, K., Stähle, P. & Viitanen, K. 2017. Understanding the future of the Finnish cadastral system – A Delphi study. Land Use Policy 68. s. 133–140.
- KRL 392/1985. Kiinteistörekisterilaki. Annettu 16.5.1985. Viimeisin muutos 20.5.2016. [Viitattu 14.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1985/19850392>>
- Kshetri, N. 2017. Will blockchain emerge as a tool to break the poverty chain in the Global South? Third World Quarterly. Vol. 38:8. s. 1710–1732. ISSN: 0143-6597.
- KTJ-laki 453/2002. Laki kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettavasta tietopalvelusta. Annettu 31.5.2002. Viimeisin muutos 20.5.2016. [Viitattu 15.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020453>>

- Lahti, V-M. 2016. Lohkoketju muuttaa maailmaa. Sitran tutkimustiimin Viikon varrelta – blogi 26.5.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 4.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.sitra.fi/blogit/lohkoketju-muuttaa-maailmaa/>>
- Latvala, T., Korhonen, H., Kurppa, S., Naumanen, M., Pesonen, L., Seilonen, I. & Seppä, H. 2017. Digitalisaatio ruokaketjun kehittämisessä. 72 s. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 60/2017. ISBN 978-952-287-445-0 (sähköinen).
- Lauslahti, K., Mattila, J. & Seppälä, T. 2016. Älykäs sopimus – Miten blockchain muuttaa sopimuskäytäntöjä? 29 s. ETLA Raportit No. 57. ISSN 2323-2455 (sähköinen).
- Lemieux, V. L. 2017. Blockchain and Distributed Ledgers as Trusted Recordkeeping Systems: An Archival Theoretic Evaluation Framework. 11 s. Conference Paper. Future Technologies Conference (FTC) 2017.
- Lin, I. C. & Liao, T. C. 2017. A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. International Journal of Network Security. Vol. 19:5. s. 653–659.
- Mattila, J. 2016. The Blockchain Phenomenon – The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. 24 s. ETLA Working Papers No 38. ISSN 2323-2439 (sähköinen).
- Mattila, J. & Seppälä, T. 2015. Laitteet pilveen vai pilvi laitteisiin? Keskustelunavauksia teollisuuden ja yhteiskunnan digialustojen uusista kehitystrendeistä. 16 s. ETLA Raportit No. 44. ISSN 2323-2455 (sähköinen).
- Mattila, J. & Seppälä, T. 2017a. Distributed Governance in Multi-Sided Platforms. 24 s. Conference paper. Industry Studies Association Conference. Washington D.C., USA. 25.5.–26.5.2017.
- Mattila, J. & Seppälä, T. 2017b. Lohkoketjuteknologia ja digitaalisen alustatalouden neljäs aalto. Koulutus. Helsinki. 5.10.2017.
- Mattila, J., Seppälä, T. & Holmström, J. 2016. Product-centric Information Management - A Case Study of a Shared Platform with Blockchain Technology. Conference paper. Industry Studies Association Conference. Minneapolis, USA. 24.5–26.5.2016.
- MK 540/1995. Maakaari. Annettu 12.4.1995. Viimeisin muutos 29.6.2016. [Viitattu 15.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950540>>
- Nakamoto, S. 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [verkkoaineisto]. [Viitattu 23.8.2017] Saatavilla: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>
- Pauku, T. 2017. Tämä keksintö saattaa vielä muuttaa maailmaa kuin internet – ”Lohkoketju voi automatisoida töitä, joita pomot tekevät”, visioivat tutkijat. Helsingin Sanomat 30.8.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 11.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.hs.fi/tiede/art-2000005345159.html>>
- Pekari, T. 2016. Mitä blockchain-teknologia merkitsee musiikkialalle? Teostory 17.5.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 4.9.2017]. Saatavilla: <<http://www.teosto.fi/teostory/blockchain>>

- Porru, S., Pinna, A., Marchesi, M. & Tonelli, R. 2017. Blockchain-oriented Software Engineering: Challenges and New Directions. IEEE/ACM 39th IEEE International Conference on Software Engineering Companion. s. 169–171.
- Riekkinen, K., Toivonen, S., Krigsholm, P., Hiironen, J. & Kolis, K. 2016. Future themes in the operational environment of the Finnish cadastral system. Land Use Policy 57. s. 702–708.
- Rummukainen, A. 2010. Kiinteistöjä koskevien tietojen saatavuudesta tulevaisuudessa kiinteistötietojärjestelmän näkökulmasta. Väitöskirja. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu. Espoo. 205 s. ISBN 978-952-92-7471-0.
- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. 44 s. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisjohtaminen 4.
- Sanastokeskus TSK. 2010. Sosiaalisen median sanasto. 50 s. ISBN 978-952-9794-26-3 (sähköinen).
- Shin, L. 2016. Republic Of Georgia To Pilot Land Titling On Blockchain With Economist Hernando De Soto, BitFury. Forbes 21.4.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 7.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.forbes.com/sites/laurashin/2016/04/21/republic-of-georgia-to-pilot-land-titling-on-blockchain-with-economist-hernando-de-soto-bitfury/#28a47bbe44da>>
- Shin, L. 2017. The First Government To Secure Land Titles On The Bitcoin Blockchain Expands Project. Forbes 7.2.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 1.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.forbes.com/sites/laurashin/2017/02/07/the-first-government-to-secure-land-titles-on-the-bitcoin-blockchain-expands-project/#361533864dcd>>
- Stenfors, S. 2017. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet – Graalin malja vai Pandoran lipas? Teoksessa: Rousku, K., Linturi, R., Andersson, C., Stenfors, S., Lähteenmäki, I., Kärki, T. & Limnell, J. 2017. Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet. Valtiovarainministeriön julkaisu 10/2017. Helsinki: Valtiovarainministeriö. s. 64–75. 116 s. ISBN 978-952-251-836-1 (sähköinen).
- Storås, N. 2015. Lohkoketjuteknologia pähkinänkuoressa – tämä kannattaa tietää. Tivi 12/2015 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.8.2017]. Saatavilla: <http://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/lohkaketjuteknologia-pahkinakuoressa-tama-kannattaa-tietaa-6537904>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2013. SFS-käsikirja 1 - Standardit ja standardisointi. 8. painos. Helsinki: SFS. 39 s. ISBN 978-952-242-166-1. ISSN 0780-7961.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017. Lohkoketjujen standardisointi alkanut. IT-uutiset 9.5.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 27.11.2017]. Saatavilla: <https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/sfs_n_tekniset_komiteat_ja_seurantaryhmat/it-standardisointi/it_-_ajankohtaista/lohkaketjujen_standardisointi_alkanut.4365.news>

- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. N.d. Mitä standardisointi on? [verkkoaineisto]. [Viitattu 27.11.2017]. Saatavilla: <https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on>
- Swan, M. 2015. Blockchain: Blueprint for a new economy. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc. 130 s. ISBN: 978-1-491-92049-7.
- Talus, A., Autio, E., Hänninen, A., Pihamaa, H-T. & Kantonen, S. 2017. Miten valmistautua EU: n tietosuoja-asetukseen? Helsinki: Oikeusministeriö ja tietosuojavaltuutetun toimisto. 40 s. Oikeusministeriön julkaisu 4/2017. ISBN 978-952-259-558-4 (sähköinen).
- The Economist. 2017. Governments may be big backers of the blockchain: An anti-establishment technology faces an ironic turn of fortune [verkkoaineisto]. Julkaistu 1.6.2017. [Viitattu 1.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.economist.com/news/business/21722869-anti-establishment-technology-faces-ironic-turn-fortune-governments-may-be-big-backers>>
- Tian, C. 2017. Ukrainian Government to Start Blockchain Land Registry Trial in October. CoinDesk News 23.6.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 7.9.2017]. Saatavilla: <<https://www.coindesk.com/ukrainian-government-to-start-blockchain-land-registry-trial-in-october/>>
- Verbyany, V. 2017. Ukraine Turns to Blockchain to Boost Land Ownership Transparency. Bloomberg Technology News 3.10.2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.10.2017]. Saatavilla: <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-03/ukraine-turns-to-blockchain-to-boost-land-ownership-transparency>>
- Viestintävirasto. 2016. Eidas rakentaa luottamusta sähköisiin palveluihin EU:ssa [verkkoaineisto]. Julkaistu 5.4.2016. [Viitattu 29.8.2017]. Saatavilla: <<https://www.viestintavirasto.fi/viestintavirasto/ajankohtaista/2016/eidasrakentaaluottamustasahkoisiinpalveluihineussa.html>>
- Viitala, J. 2016. Digimaailman kivitalu. Tekniikka & Talous 10.10.2016 [verkkoaineisto]. [Viitattu 19.9.2017]. Saatavilla: < <http://www.tekniikkatalous.fi/tpaiva/digimaailman-kivitaulu-6589399>>
- Vitikainen, A. 2013. Kiinteistöjärjestelmä ja perusrekisterit. Espoo: Aalto-yliopisto. 107 s. Aalto-yliopiston julkaisusarja, TIEDE + TEKNOLOGIA 10/2013. ISBN 978-952-60-5305-9 (sähköinen).
- Vitikainen, A. 2014. Kiinteistötekniikan perusteet. Espoo: Aalto-yliopisto. 204 s. Aalto-yliopiston julkaisusarja, TIEDE + TEKNOLOGIA 11/2014. ISBN 978-952-60-6002-6 (sähköinen).
- Vos, J. 2016. Blockchain Based Land Registry: Panacea, Illusion or Something Between?. 26 s. ELRA – European Land Registry Association. 7th Annual Publication.
- Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J. & Rajabifard, A. 2010. Land Administration for Sustainable Development. Redlands, CA: Esri Press. 487 s. ISBN 978-1-58948-041-4.

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S. & Smolander, K. 2016. Where Is Current Research on Blockchain Technology? - A Systematic Review. 27 s. PLOS ONE. Vol. 10:11, e0163477.

Haastattelut

Janne M. Korhonen. Tutkija. ReCon-hanke. Haastattelu. 24.10.2017.

Kimmo Halunen. Erikoistutkija, kyberturvallisuustiimi. VTT. Haastattelu. 25.10.2017.

Juha Turunen. Chief Solution Executive. Symbio Finland. Haastattelu. 25.10.2017.

Kristian Luoma. Head of OP Lab. OP Ryhmä. Haastattelu. 30.10.2017.

Timo Seppälä. Professori (Professor of Practice), Digitaaliset operaatiot. Aalto-yliopisto, Tuotantotalouden laitos. Haastattelu. 1.11.2017.

Kristiina Valtanen. Tutkija. VTT. Haastattelu. 6.11.2017.

Juha Viitala. Director, Blockchain Technologies. Tomorrow Labs. Haastattelu. 7.11.2017.

Pekka Nikander. Professori (Professor of Practice), Teollinen Internet. Aalto-yliopisto, Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitos. Sähköpostihaastattelu. 13.11.2017.

Liitteet

Liite 1: Haastatteluiden kysymysrunko

Taustakysymykset

- Millä tavalla lohkokejuteknologia liittyy työnkuvaasi?
- Minkälaista kokemusta sinulla on lohkokejuteknologiasta? Esimerkiksi sen tutkimuksesta, käyttöönotosta tai käytöstä?

Yleistä lohkokejuteknologiasta

- Mitä uutta lohkokejuteknologia tarjoaa aiempiin ratkaisuihin verrattuna?
- Mitä hyötyjä lohkokejuteknologia tarjoaa?
- Millaisia haasteita näet lohkokejuteknologialla olevan?
- Millaisia erityyppisiä lohkokejuteknologijoita on? Mitkä ovat niiden erot?
- Millaisia toimijoita tarvitaan lohkokejuteknologian ylläpitoon?
- Mitkä ovat eri osapuolten roolit teknologian käytössä?

Teknologinen toteutus

- Mitä tekijöitä tulee huomioida käytettävän lohkokejuteknologian tyypin valinnassa?
- Mitä tekijöitä tulee huomioida konsensusmekanismin valinnassa?
- Miten varmistetaan teknologian skaalautuvuus?
- Minkälaisia tietoturvaan, tietosuojaan sekä yksityisyyteen liittyviä haasteita lohkokejuteknologian käyttö aiheuttaa?
- Miten lohkokejuteknologian soveltaminen eroaa tiedon tallennusmenetelmänä rekisterinpidon ja transaktioiden välillä?
- Miten lohkokejuteknologia kannattaisi toteuttaa, jos osa tallennettavista tiedoista on julkista ja osaan pääsevät käsiksi vain tietyt toimijat?

Käyttöönotto ja käyttö

- Mistä tulisi lähteä liikkeelle lohkokejuteknologian mahdollisessa soveltamisessa?
- Mitkä ovat tärkeimmät selvitettävät asiat ennen lohkokejuteknologian käyttöönottoa?
- Mitkä ovat keskeiset vaatimukset teknologian hyödyntämiselle?
- Millaisia teknologisia ratkaisuja ja muutoksia olemassa oleviin järjestelmiin lohkokejuteknologian käyttöönotto aiheuttaa?
 - Vaatisiko lohkokejuteknologian käyttöönotto esimerkiksi täysin uuden tietojärjestelmän, vai voiko sitä integroida olemassa oleviin järjestelmiin?
- Millaiset ovat teknologian kustannukset? Mistä kustannukset muodostuvat ja miten ne jakautuvat elinkaaren aikana?
- Miten lohkokejuteknologian käyttöönottoprosessi normaalisti etenee?
- Minkä tyyppisiin sovelluskohteisiin lohkokejuteknologia sopii? Mihin se ei sovellu?

Lainsäädäntö

- Minkälaisia juridisia kysymyksiä lohkoketjuteknologian käyttöön liittyy?
- Minkälaisia muutoksia lohkoketjuteknologian mahdollisen yleistymisen voidaan ennakoida aiheuttavan nykyiseen lainsäädäntöön?
- Aiheuttaako EU:n toukokuussa 2018 voimaan tuleva tietosuoja-asetus ongelmia lohkoketjuteknologian hyödyntämisessä?

Tulevaisuus

- Onko lohkoketjuteknologia jo valmis hyödynnettäväksi, vai tulisiko vielä odottaa ja seurata teknologian ja sovelluskohteiden kehittymistä?
- Onko lohkoketjuteknologia mielestäsi niin mullistava keksintö kuin väitetään?
- Haluaisitko nostaa esille vielä joitain muita lohkoketjuteknologiaan tai rekisterinpiitoon liittyviä näkökulmia?